This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

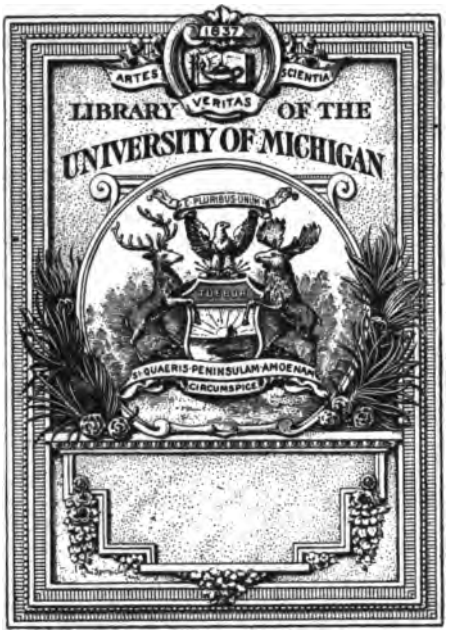
OSTWALD'S KLASSIKER

DER

EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

8. Gebunden.

Es sind bis jetzt erschienen aus den Gebieten der



Nr. 1. [illegible] —.80.

» 2. [illegible] n Ver-
[illegible] s- und

» 7. [illegible] —.80.
[illegible] erausg.

» 10. [illegible] ltröme.

» 11. [illegible] en üb.
[illegible] 2. Tag
[illegible] v. A.

» 12. [illegible] els od.
[illegible] ige des
[illegible] andelt.
[illegible] ℳ 2.40.

» 13. [illegible] -1786.)
[illegible] ℳ 1.80.

» 20. [illegible] g. von
[illegible]

» 21. [illegible] lektro-
[illegible] wald.

» 23. [illegible] 142 S.)

» 24. [illegible] m über
[illegible] 1 Text.
[illegible] ettin-
[illegible]

» 25. [illegible] ig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (66 S.) ℳ 1.20.

» 31. **Lambert's** Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) ℳ 2.—.

» 32. —— —— Zweit[illegible] nd V. Mit 32 Figuren im Text.

» 33. —— —— Dritt[illegible] II. — Anmerkungen. Mit 8 F[illegible] 50.

QC
517
.V93

Nr. 36. **F. Neumann,** Über ein allgemein. Princip der mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) ℳ 1.50.

» 37. **S. Carnot,** Betrachtungen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers und die zur Entwickelung dieser Kraft geeigneten Maschinen. (1824.) Übersetzt und herausgegeben von W. Ostwald. Mit 5 Figuren im Text. (72 S.) ℳ 1.20.

» 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace,** Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault.** (1802-1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) ℳ 3.—.

» 52. **Aloisius Galvani,** Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.

» 53. **C. F. Gauss,** Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) ℳ 1.—.

» 54. **J. H. Lambert,** Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) ℳ 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss,** Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgeg. v. A. Wangerin. Mit 2 Textfig. (102 S.) ℳ 1.60.

» 56. **Ch. Blagden,** Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) ℳ —.80.

» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius,** Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) ℳ 2.40.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) ℳ 2.—.

» 61. **G. Green,** Ein Versuch, die mathematische Analysis auf die Theorieen der Elektricität und des Magnetismus anzuwenden. (Veröffentlicht 1828 in Nottingham.) Herausgegeben von A. v. Oettingen und A. Wangerin. (140 S.) ℳ 1.80.

» 63. **Hans Christian Oersted** und **Thomas Johann Seebeck,** Zur Entdeckung des Elektromagnetismus. (1820—1821.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 30 Textfiguren. (83 S.) ℳ 1.40.

» 69. **James Clerk Maxwell,** Über Faraday's Kraftlien. (1855 u. 1856.) Herausgegeben von L. Boltzmann. (130 S.) ℳ 2.—.

» 70. **Th. J. Seebeck,** Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz. (1822—1823.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Mit 33 Textfiguren. (120 S.) ℳ 2.—.

» 76. **F. E. Neumann,** Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik. (1832.) Herausgegeben von A. Wangerin. (52 S.) ℳ —.80.

» 79. **H. Helmholtz,** 2 hydrodynamische Abhandlungen. I. Über Wirbelbewegungen. (1858.) — II. Über discontinuirliche Flüssigkeitsbewegungen. (1868.) Herausg. v. A. Wangerin. (80 S.) ℳ 1.20.

» 80. —— Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. (1859.) Herausgegeben von A. Wangerin. (132 S.) ℳ 2.—.

Nr. 81. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. I. u. II. Reihe. (1832.) Mit 41 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (96 S.) ℳ 1.50.

» 86. —— —— III. bis V. Reihe. (1833.) Mit 15 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (104 S.) ℳ 1.60.

» 87. —— —— VI. bis VIII. Reihe. (1834.) Mit 48 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (180 S.) ℳ 2.60.

» 93. **Leonhard Euler,** Drei Abhandlungen üb. Kartenprojection. (1777.) Herausg. von A. Wangerin. Mit 9 Fig. im Text. (78 S.) ℳ 1.20.

» 96. **Sir Isaac Newton's** Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts. (1704.) Übersetzt und herausgegeben von William Abendroth. I. Buch. Mit dem Bildniss von Sir Isaac Newton u. 46 Fig. im Text. (132 S.) ℳ 2.40.

» 97. —— —— II. u. III. Buch. Mit 12 Fig. im Text. (156 S.) ℳ 2.40.

» 99. **R. Clausius,** Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. (1850.) Herausgegeben von Max Planck. Mit 4 Figuren im Text. (55 S.) ℳ —.80.

» 100. **G. Kirchhoff,** Abhandlungen über Emission und Absorption: 1. Über die Fraunhofer'schen Linien. (1859.) — 2. Über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme. (1859.) — 3. Über das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Licht und Wärme. (1860—1862.) Herausgegeben von Max Planck. Mit dem Bildniss von G. Kirchhoff u. 5 Textfig. (41 S.) ℳ 1.—.

» 101. —— —— Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie: 1. Über einen Satz der mechanischen Wärmetheorie u. einige Anwendungen desselben. (1858.) — 2. Bemerkung über die Spannung des Wasserdampfes bei Temperaturen, die dem Eispunkte nahe sind. (1858.) — 3. Über die Spannung des Dampfes von Mischungen aus Wasser und Schwefelsäure. Herausgegeben von Max Planck (48 S.) ℳ —.75.

» 102. **James Clerk Maxwell,** Über physikalische Kraftlinien. Herausgegeben von L. Boltzmann. Mit 12 Textfig. (147 S.) ℳ 2.40.

» 106. **D'Alembert,** Abhandlung über Dynamik, in welcher die Gesetze des Gleichgewichtes und der Bewegung der Körper auf die kleinstmögliche Zahl zurückgeführt und in neuer Weise abgeleitet werden, und in der ein allgemeines Princip zur Auffindung der Bewegung mehrerer Körper, die in beliebiger Weise aufeinander wirken, gegeben wird (1743). Übersetzt und herausgegeben von Arthur Korn. Mit 4 Tafeln. (210 S.) ℳ 3.60.

» 109. **Riccardo Felici,** Über die mathematische Theorie der electrodynamischen Induction. Übersetzt v. B. Dessau. Herausg. von E. Wiedemann. (121 S.) ℳ 1.80.

» 114. **Alessandro Volta,** Briefe über thierische Elektricität. (1792.) Herausg. v. A. J. von Oettingen. (162 S.) ℳ 2.50.

» 115. **Horace Bénédicte de Saussure,** Versuch über die Hygrometrie. I. Heft. (1783.) Mit einer Tafel und Vignette. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (168 S.) ℳ 2.60.

» 118. **Alessandro Volta,** Untersuchungen über den Galvanismus. (1796 bis 1800.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (99 S.) ℳ 1.60.

Untersuchungen

über den

GALVANISMUS

1796 bis 1800.

Von

Giuseppe Antonio Anastasio, conte

ALESSANDRO VOLTA.

Herausgegeben

von

A. J. von Oettingen.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1900.

Ueber die beim Contact ungleicher Leiter erregte Elektricität.

Drei Briefe an Prof. *Gren* in Halle

von

Alessandro Volta.

[3] I.

Como, 1. Aug. 1796.

... Hier haben Sie ein recht merkwürdiges Experiment:

§ 1.

Man fülle einen zinnernen Becher mit Seifenwasser, Kalkmilch, oder besser, mit mässig starker Lauge, fasse ihn mit einer oder beyden Händen, die man mit blossem Wasser feucht gemacht hat, und bringe die Spitze der Zunge auf die Flüssigkeit im Becher. Sogleich wird man die Empfindung von einem sauren Geschmack auf der Zunge, welche die alkalische Flüssigkeit berührt, erhalten. Dieser Geschmack ist sehr entscheidend, und in den ersten Augenblicken ziemlich stark; er verwandelt sich aber bald nachher allmälig in einen von jenem verschiedenen, minder sauren, mehr salzigen und stechenden, bis er endlich scharf und alkalisch wird, so wie die Flüssigkeit mehr auf die Zunge wirkt und die Wirksamkeit ihres eigenthümlichen Geschmacks, und ihre jetzt mehr entwickelte chemische Thätigkeit mehr und mehr die Empfindung des sauren Geschmacks unterdrückt, der durch den Strom von elektrischer Flüssigkeit veranlasst wird, welcher von dem Zinne zum alkalischen Liquor, von da zur Zunge, und dann durch die Person zur Wasserschicht, und aus dieser wieder zum Zinne, durch eine beständige Circulation übertritt.

[4] § 2.

Durch eine solche fortdauernde Circulation nemlich erkläre ich, meinen bereits in andern Schriften aufgestellten Grund-

180931

sätzen gemäss, das gedachte Phänomen, und in der That lässt sich keine andere Erklärung davon geben. Alles bestätigt meine Behauptung, und beweisst sie auf tausenderley Weise. Die Berührung verschiedener Leiter nemlich, besonders metallischer, die Kiesse und andere Erze, so wie die Holzkohle mit einbegriffen, die ich alle trockene Leiter, oder Leiter der ersten Klasse nenne; die Berührung dieser Leiter, sage ich, mit andern feuchten Leitern oder mit Leitern der zweyten Klasse, erschüttert, sollicitirt oder erregt das elektrische Fluidum, und giebt demselben einen gewissen Antrieb. Fragen Sie noch nicht, wie dies geschieht: es ist vor jetzt genug, dass es geschieht, und dass dies eine allgemeine Thatsache ist.

§ 3.

Dieser Antrieb, welchen das elektrische Fluidum bey der Berührung jener Körper erhält, er bestehe nun in Anziehung, Abstossung, oder in was für einem Impuls es sey, ist verschieden oder ungleich, sowohl nach der Verschiedenheit der Metalle, als auch der feuchten Leiter, dergestalt, dass, wo nicht die Richtung, doch wenigstens die Kraft, mit welcher das elektrische Fluidum getrieben, sollicitirt wird, da verschieden ist, wo der Leiter A an den Leiter B, und da, wo er an einen dritten C applicirt wird. Jedesmal also, dass man in einem vollständigen Kreise von Leitern entweder einen von der zweyten Klasse zwischen zwey unter einander verschiedene von der ersten Klasse, (eine oder [5] mehrere mit einander verbundene wässrige Feuchtigkeiten, die zusammen nur als eine anzusehen sind, zwischen zwey verschiedene Metalle, z. B. zwischen Silber und Bley, die unmittelbar, oder durch andere Metalle mittelbar, mit einander verbunden sind,) oder umgekehrt einen von der erstern Klasse zwischen zwey ebenfalls unter einander verschiedene von der zweyten Klasse, (z. B. ein Stück Silber, Zinn oder Zink, zwischen Wasser, oder einen mit wässriger Feuchtigkeit getränkten Körper auf der einen, und eine mucilaginöse, seifenartige oder salzige Flüssigkeit auf der andern Seite,) bringt, in jedem dieser Fälle wird, nachdem die Kraft auf dieser oder auf jener Seite die Oberhand hat, ein elektrischer Strom, eine Cirkulation dieses Fluidums, von der Rechten zur Linken, oder umgekehrt, rege werden, welche erst bey der Unterbrechung des Kreises

aufhört, und sogleich, und jedesmal wieder hergestellt wird, als der genannte Kreis wieder vollständig oder geschlossen wird, u. s. w.

§ 4.

Diese beyden Arten von Verbindungen verschiedentlich gearteter Leiter lassen sich durch Zeichnungen deutlicher machen; Fig. 1 und 2 drücken diese beyden Fälle aus. Die grössern Buchstaben deuten in diesen wie in den folgenden Figuren (Fig. 1 bis 21), die verschiedenen Leiter (Conduttori, Conductoren) oder Erreger (Motori, Excitatoren) der erstern Klasse, und die kleinern die der zweyten Klasse, an.

§ 5.

Ich halte es für überflüssig, Ihnen hier bemerklich [6] zu machen, dass wenn der Kreis bloss aus zwey Arten von Leitern, so verschieden sie auch sind, und so vielfach auch die Anzahl der Stücke sey, woraus jeder besteht, zusammengesetzt ist, (wie in Fig. 3, 4, 6 und 7), zwey gleiche Kräfte sich einander entgegengesetzt befinden, d. h., dass das elektrische Fluidum nach zwey entgegengesetzten Richtungen gleich stark getrieben werde, und dass sich folglich kein Strom weder von der Rechten zur Linken, noch umgekehrt, bilden könne, der im Stande wäre, Empfindungen oder Convulsionen zu erregen.

§ 6.

Es giebt aber auch andere Fälle oder Verbindungen, wo die Kräfte sich ebenfalls das Gleichgewicht halten, wo also auch kein elektrischer Strom Statt findet, wenigstens kein solcher, der auf die zartesten Nerven Eindruck machen, oder in dem aufs vortheilhafteste präparirten Frosche, der sich in dem Kreise befindet, Convulsionen erregen könnte, ohngeachtet der Dazwischenkunft zweyer oder mehrerer verschiedener Metalle. Dies ist der Fall, wenn jedes dieser Metalle sich zwischen zwey feuchten oder Leitern der zweyten Klasse, und die nur wenig von einander verschieden sind, befindet, wie in Fig. 7, oder auch, wenn in dem leitenden Kreise drey Stücke, zwey derselben von einerley Metall, und eins von einem andern, mit einander dergestalt verbunden sind, dass sich dieses unmittelbar zwischen jenen befindet, wie in Fig. 8.

§ 7.

Wenn das mittlere Metallstück *A* unmittelbar mit [7] einem Ende an eines von den beyden Stücken *Z* applicirt ist, aber mit dem andern Ende nicht unmittelbar das andere Stück *Z*, sondern einen dazwischen liegenden Leiter der zweyten Klasse, gross oder klein, z. B. eine Schicht, oder auch nur einen einzigen Tropfen, Wasser, Speichel, Blut, ein Stückchen feuchtes Fleisch, roh oder gekocht, feuchten Schwamm, Gallerte, Kleber von Mehl, Seife, Käse oder Eyweiss, selbst hartgekochtes, u. dergl., berührt; dann halten bey dieser neuen Verbindung, die durch Fig. 9, wo ein Leiter der zweyten Klasse *a* sich zwischen zweyen der erstern Klasse *A* und *Z* befindet, während ein andres *Z* dieses *A* unmittelbar berührt, vorgestellt ist, die Kräfte einander nicht mehr, wie in Fig. 8, das Gleichgewicht, und dies ist hinreichend, das elektrische Fluidum zu erregen, und es in Umlauf zu bringen. Wenn also *r* Fig. 9 ein präparirter Frosch ist, so wird er jedesmal heftig erschüttert werden, so oft man einen solchen Kreis vollständig macht oder schliesst.

§ 8.

Sie werden leicht bemerken, dass die beyden letztern, durch Fig. 8 und 9 angezeigten Versuche, mit den vom Hn. *von Humboldt* bekannt gemachten übereinkommen, wo ein Tropfen Wasser, ein kleines Stückchen frisches Fleisch, selbst eine ganz dünne Schicht von irgend einer Feuchtigkeit, ja ein blosser Hauch des Mundes, die ganze Zauberey machten; Erfahrungen, die er in seinem Briefe an Hn. *Blumenbach* vom Junius 1795 beschrieben hat, welcher sich in Ihrem Neuen Journal der Physik B. II. (Leipz. 1795) S. 115 u. f. befindet; Erfahrungen, [8] die ich aus meinen Principien abgeleitet, auf tausenderley Art verändert habe, und mit denen ich schon seit Jahren vertraut bin.

§ 9.

Bringt man einen andern Tropfen Wasser, oder irgend einen wässrigen, oder Leiter der zweyten Klasse, zwischen das andere Ende von *A* und das andere correspondirende Stück *Z*, woraus Fig. 10 entsteht, so ist dann jedes Metallstück isolirt, ich will sagen, zwischen zwey wässrigen Leitern;

dann halten einander die von der Rechten zur Linken, und die von der Linken zur Rechten, entgegenstehenden Kräfte, wieder völlig das Gleichgewicht, der elektrische Strom wird verhindert, und der Frosch, der den einen oder den andern von den drey Leitern der zweyten Klasse *aar* ganz oder zum Theil ausmachen kann, bleibt solchergestalt in Ruhe.

§ 10.

Um also bey Fröschen Contractionen, auf der Zunge Geschmack, in den Augen die Empfindung des Lichts, u. s. w., zu erhalten, ist es schlechterdings erforderlich, dass sich zwey verschiedene Metalle oder Leiter der ersten Klasse auf der einen Seite unter einander berühren, kurz einen heterogenen zusammenhängenden Metallbogen bilden, während sie mit ihren gegenüber stehenden Enden den oder die Leiter der zweyten Klasse berühren, und zwischen sich fassen, die den andern Bogen bilden.

[9] § 11.

Nachdem wir gesehen haben, was erfolgt, wenn man in den Kreis drey Metallstücke oder Leiter der ersten Klasse bringt, von denen zwey von einerley Beschaffenheit, das dritte aber von den vorigen verschieden ist, und die mit den Leitern der zweyten Klasse bald auf diese bald auf jene Weise verbunden sind, wollen wir sehen, was meinen Grundsätzen nach bey vier Metallstücken geschehen müsse, von denen zwey von der einen Art, z. B. Silber, die andern beyden aber von einer andern, z. B. Zink, sind, wenn sie auf ähnliche Weise mit feuchten Leitern in Verbindung gebracht werden. Man begreift leicht, und ich sagte es sehr bald vorher, dass wenn man diese vier Metallstücke in den Kreis auf die Art bringen würde, wie es in Fig. 11 und 12 geschieht, der Frosch, der den einen der in diesem Kreise befindlichen feuchten Leiter, ganz oder zum Theil, ausmacht, so erregbar und so gut präparirt er auch sonst sey, da die Kräfte, welche das elektrische Fluidum zu erregen und in Strömung zu setzen streben, sich entgegengesetzt sind, und einander vollkommen das Gleichgewicht halten, unbewegt bleiben werde; und meine hierüber mit der nöthigen Genauigkeit und Aufmerksamkeit, vorzüglich,

dass die Metalle an den Berührungsstellen recht trocken und rein waren, angestellten Versuche, haben diese Vorausbestimmung auf das vollkommenste bestätigt; die Frösche, welche ich auf die angezeigte Art den Versuchen Fig. 11 und 12 unterwarf, blieben gänzlich in Ruhe.

[10] § 12.

Diese Thiere erleiden im Gegentheil, wie ich es meinen Grundsätzen zu Folge voraussah, jederzeit Contractionen, so oft ich eins von den vier Metallstücken weglasse, oder ihre Ordnung verändere, wie dies in den folgenden Figuren der Fall ist, von denen wir sogleich umständlicher sprechen werden.

§ 13.

Die Leiter der zweyten Klasse, die in allen den vorigen, wie in den folgenden Figuren (Fig. 1 bis 21), mit *a*, *r*, oder andern kleinen Buchstaben bezeichnet sind, können Tassen mit Wasser seyn, in welche die Metallplatten oder Stangen, die durch die grossen Buchstaben *A*, *Z*, und andere, angezeigt sind, eingetaucht sind; es können feuchte Stücke Schwamm, Leder, Pappe oder andere mit wässriger Feuchtigkeit getränkte Körger seyn; sie können so gross oder klein seyn, als sie wollen, und aus einem Stücke, oder aus mehreren, bestehen, wenn sie nur einander gehörig berühren; es können Personen seyn, wenn nur ihre Hände, mit denen sie einander fassen, feucht genug sind, u. s. w. Auf die letztere Art werden die Versuche sehr schön und unterhaltend, wenn man nemlich den Kreis aus drey oder mehreren Personen (ich habe ihn oft aus zehn, funfzehn bis zwanzig Personen gemacht), aus einem oder mehreren Fröschen, die gehörig präparirt, und unter diesen Kreis, oder diese Kette von Personen vertheilt sind, und aus vier Metallstücken, zweyen von Silber, und zweyen von Eisen, besser von Zinn, oder noch besser, von Zink, zusammensetzt; auf diese Art, sage ich, werden die Versuche [11] ausnehmend interessant, und die Verschiedenheit und gänzliche Veränderung der Resultate, indem bloss die Verbindung jener Körper unter einander Aenderungen erleidet, so dass oft der höchste Grad von Wirkung in Null übergeht, erregt wahres Erstaunen.

§ 14.

Die Construction des Kreises sey also, wie in Fig. 12, wo *r* der präparirte Frosch ist, der an der einen Seite bey den Füssen, an der andern beym Rumpfe, von den Händen zweyer Personen *p*, *p* gehalten wird. *Z*, *Z* seyen zwey Zinkstangen, die von eben diesen Personen, und *A*, *A* zwey Stücken Silber, die von einer dritten Person, die ebenfalls durch *p* bezeichnet ist, gehalten werden*). Man vergesse hierbey nicht, dass die Hände recht feucht seyn müssen, da die trockene Haut kein gehörig guter Leiter ist. Da nun bey dieser Kette die Actionen der elektrischen Excitatoren sich entgegengesetzt sind, und einander genau das Gleichgewicht halten, so sieht man leicht ein, dass in Fig. 11 und 12 keine Erschütterung, keine Contraction, im Frosche Statt haben könne, [**12**] was mit dem übereinstimmt, was ich bereits in § 11 angeführt habe.

§ 15.

Man lasse jetzt das eine von den beyden Metallpaaren *A Z*, das sich zwischen den zweyen Personen *p*, *p*, oder zwischen irgend zwey andern feuchten Leitern befindet, in Verbindung, wie es ist, und kehre die Stellung der beyden andern Metallstücke *A Z* um, indem man die Fig. 12 in Fig. 13, (wodurch nun die Actionen, statt sich entgegengesetzt zu seyn, gemeinschaftlich darauf hin wirken, das elektrische Fluidum nach Einerley Seite zu treiben, oder einen und denselben Strom zuwege zu bringen,) verwandelt; oder man bringe zwischen das eine von den beyden *A Z* eine andere Person, oder irgend einen Leiter der zweyten Klasse, so dass daraus die Kette Fig. 14 entsteht; oder noch anders, man nehme in Fig. 12 eines von den Stücken *A* und *Z* weg, ohne ein neues an seine Stelle zu bringen, und mache dadurch die Kette so, wie Fig. 15 und 16; oder endlich, man nehme das

*) Man begreift leicht, dass diese Fig. denselben Fall darstellt, wie Fig. 11, und im Grunde jener ganz gleich ist, da unter beyden bloss der Unterschied Statt hat, dass in letzterer *Z* und *Z* bloss durch einen feuchten oder Leiter der zweyten Klasse durch *r*, in ersterer aber durch die drey Leiter *p r p* getrennt sind, die aber, da sie gleichfalls feuchter Art sind, zusammen ebenfalls nur einem gleichen.

eine von den beyden Paaren *A Z* ganz weg, wie es Fig. 17, (welche sich zuletzt auf Fig. 1 reducirt, indem man die ganze Kette *p*, *r*, *p*, *p* als einen einzigen feuchten oder Leiter der zweyten Klasse betrachten kann,) vorstellt: in allen diesen Combinationen, welche durch die Fig. 3 bis 7 ausgedrückt werden, sind sich die Actionen, die durch die metallischen Berührungen bestimmt werden, nicht mehr entgegengesetzt, halten einander also auch nicht mehr das Gleichgewicht, wie sie es in Fig. 11 und 12 thaten; es entsteht folglich ein elektrischer Strom, [**13**] und der Frosch *r*, der sich in der Kette befindet, und den ich gehörig präparirt voraussetze, wird jedesmal Contractionen erleiden, so oft der an irgend einer Stelle unterbrochene Kreis wieder hergestellt wird, besonders wenn dies zwischen Metall und Metall geschieht.

§ 16.

Was den Versuch betrifft, wo man zwischen das eine Paar *A Z*, d. h., zwischen die beiden heterogenen Metalle, einen feuchten, oder einen Leiter der zweyten Klasse, wie es in Fig. 9 geschieht, bringt, so ist, wie ich schon bey Gelegenheit der Fig. 9 (§ 7) bemerklich gemacht habe, ein Tropfen Wasser, ein kleines Stückchen nasser Schwamm, frisches Fleisch, feuchte Seife, eine schwache Schicht von irgend einer Flüssigkeit oder viscösen Materie, u. s. w., dazu hinreichend. Diesen überraschenden Versuch mache ich gewöhnlich so, dass ich statt eines der Silberstücke einen Löffel oder eine Schaale aus diesem Metall mit Wasser anwende, und die Person, welche die recht trockene und reine Zink- (Zinn- oder Eisen-) stange hält, mit dieser Stange bald die ebenfalls recht trockenen Wände des Löffels oder der Schaale, bald das darin enthaltene Wasser, berühren lasse. Es ist bewundernswürdig, zu sehen, dass, während auf die letztere Weise, nemlich bey der Berührung des Wassers, der Frosch niemals unterlässt, lebhafte Contractionen zu erleiden, die erstere Art, indem man nemlich das Silber mit dem Zink unmittelbar berührt, (welcher Fall mit Fig. 12 übereinkommt,) nicht die mindeste Erregung in dem Frosch zuwege bringt, vorausgesetzt, dass nicht durch Zufall ein kleines Tröpfchen Wasser, eine [**14**] dünne Schicht Feuchtigkeit, viscöser Materie, u. s. w., an der Stelle sich befindet, wo die beyden Metalle sich berühren, wodurch der Fall Fig. 14 hergestellt werden würde.

§ 17.

Dies wird Ihnen zeigen, mit welcher Aufmerksamkeit und grossen Sorgfalt diese Versuche angestellt werden müssen, um Irrthümer und Täuschungen, die so leicht entstehen können, und in dem, was den Grundsätzen, die ich aufgestellt habe, so vollkommen gemäss ist, überall Anomalien sehen lassen könnten, zu vermeiden.

§ 18.

Wenn ich Wasser, oder irgend einen feuchten Körper, er sey gross oder klein, nicht bloss zwischen das eine Metallpaar *A Z*, wie in Fig. 14, sondern auch zwischen das andere, wie es Fig. 18 vorstellt, bringe, so befindet sich nun jedes Metallstück zwischen ähnlichen feuchten Leitern, wodurch alle Actionen sich wieder entgegengesetzt, und ins völlige Gleichgewicht gebracht werden; mit einem Worte, es giebt keine Action mehr, weil es an der wechselseitigen Berührung zweyer verschiedener Metalle fehlt, die doch, wie wir (§ 10) gesehen haben, schlechterdings nothwendig ist, um den elektrischen Strom zu erregen, wenn die übrigen feuchten Leiter ganz gleichartig, oder nur wenig von einander verschieden sind; der Frosch bleibt aber auch wiederum ohne alle Bewegung.

[15] § 19.

Ich will mich nicht weiter über ähnliche Verbindungen ausbreiten, die man mit einer grössern Anzahl Metallstücken von zwey-, drey-, und mehrerley Art, u. s. w., ins Unendliche abändern kann, und deren Erfolge man leicht voraussagen kann oder wenigstens doch bey genauerer Prüfung mit den aufgestellten Grundsätzen übereinstimmend finden wird. Es ist für gegenwärtig hinreichend, den Schluss zu machen, dass in einem bloss aus zwey Leitern bestehenden Kreise, so verschieden diese auch seyn mögen, die wechselseitigen Berührungen derselben keinen elektrischen Strom erregen können, der vermögend wäre, Empfindung oder Muskelbewegung zu erregen (§ 5), und dass im Gegentheil diese Wirkung unausbleiblich jedesmal erfolgt, so oft drey Leiter, einer von der einen, und zwey unter sich verschiedene von der andern Klasse, die wechselseitig mit einander in Berührung kommen (§ 3), die Kette bilden; und dass diese

Wirkung um so stärker ist, je mehr diese letztern unter einander verschieden sind; dass in den andern Fällen, wo mehr als drey verschiedene Leiter Statt finden, die Wirkung entweder gar nicht erfolgt, oder in diesem oder jenem Grade eintritt, je nachdem bey den verschiedenen Verbindungen die Kräfte, welche sich an jedem Ort der Berührung heterogener Leiter entwickeln, und öfters im Gegensatze sind, und das elektrische Fluidum nach entgegengesetzten Richtungen zu bewegen streben, je nachdem, sage ich, diese Kräfte vollkommen mit einander im Gleichgewichte sind, (welcher Fall, wie man leicht einsieht, sehr selten seyn muss), oder die Summe derer, die nach einerley [**16**] Richtung streben, mehr oder weniger von der Summe derer, die nach der entgegengesetzten Richtung wirken, übertroffen wird.

§ 20.

Wir wollen hier indessen die zu sehr verwickelten Combinationen bey Seite lassen, und zu den einfachern Fällen, die eben dadurch demonstrativer sind, zu denen mit drey verschiedenen Leitern, zurückgehen, die durch Fig. 1 dargestellt sind, nemlich zu denen mit zwey verschiedenen Metallen oder Leitern der ersten Klasse, die sich unter einander berühren, und mit ihren anderen Seiten an feuchte, oder Leiter der zweyten Klasse, dergestalt applicirt sind, dass sie zusammen einen Kreis bilden, der dem gleich kommt, den man seit der Entdeckung *Galvani's* (1791) gewöhnlich angewendet hat, und bey dem gerade die Verschiedenheit der Metalle, von der ich, im Gegensatz der Anhänger *Galvani's*, die diese Versuche aus einer eignen organischen Elektricität erklären, das ganze Spiel abhängen lasse, Statt hat.

§ 21.

Die andere Art der Verbindung, die die umgekehrte der erstern ist, und durch Fig. 2 ausgedrückt ist, nemlich die aus Einem Metalle, das sich zwischen zwey verschiedenen feuchten Leitern, z. B. zwischen Wasser oder einem mit dieser Flüssigkeit getränkten Körper auf der einen, und einer schleimigen, seifenartigen, oder salzigen Flüssigkeit auf der andern Seite, befindet, habe ich erst im Herbst 1794 entdeckt, und gehörig bestimmt. Ob ich gleich diese Versuche [**17**] seit

dieser Zeit sehr vervielfältigt, und auf hunderterley Weise abgeändert, mehrern Personen, sowohl In- und Ausländern, unter denen sich auch vorhin gedachter Hr. *von Humboldt* befand, der von einigen derselben auch in seinem zweyten Briefe an Hn. *Blumenbach* vom 26. August 1795 in Ihrem Neuen Journal der Physik, B. II. S. 471 u. f., Nachricht gab, gezeigt, verschiedenen meiner Correspondenten davon geschrieben, und zu gleicher Zeit einige Briefe herausgegeben habe, worin die Sache deutlich bekannt gemacht ist, so habe ich doch diesen neuen Gegenstand noch nicht so ins Licht gesetzt, als er es verdient; dies ist indess mein Entschluss, den ich bey mehrerer Musse auszuführen, mir vorgenommen habe.

§ 22.

Die sonderbare Erfahrung, die ich oben zu Anfang (§ 1) beschrieben habe, wo man nemlich auf der Zunge auf einige Zeit einen sauren Geschmack erhält, wenn man sie unter den angezeigten Umständen, indem nemlich der zinnerne Becher von aussen durch die mit Wasser benetzte Hand, und von innen durch die alkalische Flüssigkeit, berührt wird, auf die letztere bringt, gehört, wie Sie sehen, zu dieser zweyten Art (§ 21), das elektrische Fluidum zu sollicitiren, und in Circulation zu setzen, und zeigt, dass dieser Strom nicht minder stark und thätig ist, als der durch die erste Art, nemlich durch Anwendung zweyer hinlänglich gut gewählter Metalle, als Bley und Kupfer, Eisen und Silber, Zink und Zinn, und die blosse Dazwischenkunft wässriger Leiter, erregte.

[18] § 23.

Ich muss hier noch hinzusetzen, dass, wenn man mit Zinn allein, das sich zwischen Wasser und einer alkalischen Flüssigkeit befindet, fast dieselbe Wirkung erreicht, welche zwey der in Hinsicht ihres elektrischen Verhaltens verschiedensten Metalle, wie Silber und Zink, zwischen die man wässerige Leiter gebracht hat, hervorbringen, man sie durchaus gleich erhalten, und sogar noch übertreffen kann, mit Eisen allein, oder mit Silber allein, wenn man das Eisen zwischen Wasser auf der einen, und Salpetersäure auf der andern Seite, oder das Silber zwischen Wasser und ein flüssiges Schwefelalkali, bringt.

§ 24.

Nehmen Sie in dieser Hinsicht einen Frosch, dem der Kopf abgeschnitten, und der dadurch getödtet ist, dass man ihm eine Nadel in das Rückenmark steckt, und tauchen Sie ihn, ohne ihn auszuweiden, selbst ohne ihm die Haut abzuziehen, in zwey Gläser mit Wasser, den Rumpf in das eine, den Schenkel in das andere, wie gewöhnlich; er wird heftig erschüttert werden, und sich mit Lebhaftigkeit bewegen, sobald Sie das Wasser beyder Gläser durch einen Bogen aus zwey sehr verschiedenen Metallen, wie Silber mit Zinn oder Bley, oder besser, Silber mit Zink, in leitende Verbindung setzen. Aber es wird keinesweges geschehen, wenn die Metalle minder von einander verschieden sind, wie das z. B. bey Gold und Silber, Silber und Kupfer, Kupfer und Eisen, u. s. w. (ob er gleich auch durch diese in starke Contractionen versetzt wird, sobald er [19] ausgeweidet, und übrigens vortheilhafter präparirt ist, so dass die Schenkel desselben mit dem Rumpf nur noch durch die blossen Cruralnerven zusammenhängen), der Fall ist. Aber noch mehr! Die Wirkung wird bey diesem so wenig präparirten Frosche in sehr hohem Grade Statt finden, wenn Sie in das eine der beyden Gläser das Ende eines Bogens von blossem Zink oder Zinn, trocken oder mit Wasser befeuchtet, und in das andere Glas das andere Ende desselben homogenen Metallbogens, was Sie absichtlich mit einem Tropfen Alkaliauflösung bestrichen haben, bringen. Besser und mit stärkerem Erfolg, als wenn Sie sich eines aus Zink und Silber zusammengesetzten Bogens bedienen, machen Sie den Versuch mit einem Bogen aus blossem Eisen, dessen eines Ende mit einem Tropfen oder einer dünnen Schicht Salpetersäure überzogen ist; und noch besser, und über alle Erwartung an Erfolg, wenn Sie einen silbernen Bogen nehmen, an dessen einem Ende etwas flüssiges Schwefelalkali befindlich ist.

§ 25.

Die Fig. 19 stellt Ihnen das Schema dieses Versuchs dar, wo *r* der Frosch, *b*, *b* die beyden Gläser mit Wasser, *MM* der homogene Metallbogen und *a* der Tropfen oder die dünne Schicht einer schleimigen, salzigen, u. dergl. Flüssigkeit, ist, womit man das eine Ende dieses Bogens bestrichen hat, und die sich auf dieser Seite zwischen dem Metall und dem Wasser befindet.

§ 26.

Ist die vom Wasser verschiedene Flüssigkeit von [20] der Beschaffenheit, dass die Schenkel oder der Rumpf des Frosches ohne Nachtheil, ohne von ihnen stark angegriffen oder desorganisirt zu werden, in dieselbe eingetaucht seyn können, so ist es beynahe bequemer, und der Versuch fällt sprechender aus, wenn man eins der Gläser mit dieser Flüssigkeit anfüllt, und nun den einen Theil des Frosches unmittelbar in dieselbe eintaucht, während man den andern in das Wasser des andern Gefässes bringt. Schliesst man hierauf den Kreis, indem man den homogenen Metallbogen mit seinem einen Ende in die eine der beyden Flüssigkeiten (und zwar je tiefer, je grösser die Fläche, in der es dieselbe berührt, desto besser), und mit dem andern mit der zweyten Flüssigkeit in Berührung bringt, so wird der elektrische Strom in Umlauf gesetzt werden, und in dem Frosch Contractionen hervorbringen, die eben so stark oder noch stärker sind, als die, welche man auf die oben (§ 24. 25) beschriebene Weise erhält.

§ 27.

Noch besser gelingt der Versuch, wenn man sich eines Bogens bedient, der zwar nur aus einem Metalle besteht, aber aus zwey Stücken zusammengesetzt ist, deren jedes man in seine Flüssigkeit dergestalt eintaucht, dass sie mit denselben in recht vielen Punkten in Verbindung stehen, und sie darauf beyde wieder unter sich in Berührung setzt, wobey, wie in ähnlichen Versuchen, es ziemlich gleichgültig ist, ob sich beyde Metalle in vielen oder nur wenigen Punkten berühren, da sie die leitende Eigenschaft in sehr hohem Grade besitzen.

[21] § 28.

Nicht so gleichgültig ist die Menge der Berührungspunkte zwischen den Metallen, und den feuchten, oder den Leitern der zweyten Klasse, und noch mehr kommt auf dieselbe bey der Berührung der Leiter der zweyten Klasse unter sich an, gleich als ob die ganze Länge oder Reihe dieser Leiter einen breiten continuirlichen Kanal bilde, um dem elektrischen Strom einen freyen Durchgang zu verstatten. Man muss daher, die Nerven und anderen Theile des Thieres ausgenommen, wo es nöthig ist, dass der elektrische Strom sich concentrire, oder in die Enge ziehe, damit jene desto stärker durch ihn gereitzt

werden, diese Stelle ausgenommen, sage ich, die ausdrücklich enger beschränkt seyn will, muss man dem ganzen übrigen, aus feuchten Leitern bestehenden Antheil der Kette eine hinlängliche Breite geben.

§ 29.

Nach dieser kurzen nicht unnützen Digression kehren wir wieder zu dem vorigen Gegenstande zurück. In einige Flüssigkeiten kann man die Gliedmassen des Frosches tauchen, ohne dass sie von denselben stark angegriffen würden, wohin schwaches Salzwasser, Seifenwasser, Wein, u. dergl., gehören; in andern hingegen vertragen sie dies nicht so gut, wie z. B. in starken Säuren, Alkalien, vorzüglich kaustischen, die die Organisation derselben zerstören, und andern salzigen Flüssigkeiten, von denen sie angegriffen und in kurzer Zeit destruirt werden. Will man mit den letztern Flüssigkeiten Versuche anstellen, so bringt man den Frosch, wie gewöhnlich, in zwey Gläser mit [**22**] Wasser, und verbindet das eine derselben durch einen dritten feuchten, oder Leiter der zweyten Klasse, mit einem dritten Glase, was mit jener sauren, alkalischen . . . . . Flüssigkeit gefüllt ist. Dieser Leiter, welcher die Verbindung des einen der beyden Gläser mit dem dritten herstellt und unterhält, und eine Brücke bildet, die der gleicht, welche der Frosch zwischen dem ersten und zweyten bildet, kann ein Stück nasses Leder, Pappe, ein Stück frisches und saftiges Fleisch, Sehne oder starker Knorpel von irgend einem Thiere, eine Scheibe Kürbis, Melone, oder einer andern saftreichen Frucht, u. s. w., seyn; kurz, jeder Körper ist dazu geschickt, sobald er nur ein hinlänglich guter Leiter, oder gross und breit genug ist, um, analog dem was ich oben (§ 28) bereits bemerkt habe, dem elektrischen Strom einen freyen Durchgang zu gestatten, welcher Strom so oft hergestellt, und in Umlauf gesetzt wird, als das eine Ende des Metallbogens in das Glas, in welchem sich der Rumpf, oder in das, in welchem sich die Schenkel des Frosches befinden, welche beyde mit Wasser gefüllt sind, und das andere Ende dieses Bogens in das dritte, mit einem der vorigen communicirende Glas, was die salzige, oder andere von dem Wasser verschiedene Flüssigkeit, enthält, eintaucht.

§ 30.

Bisweilen wende ich auch vier und mehr Gläser zum Versuch an, so dass jedes der zwey von ihnen, welche mit Wasser

gefüllt sind, und in welchen ein Frosch, mit dem Rumpf in dem einen, und mit den Schenkeln im andern, liegt, auf ähnliche Art, wie vorhin nur das eine, durch Leiter der zweyten Klasse [**23**] mit andern Gläsern in Verbindung steht, welche Flüssigkeiten enthalten, die sowohl vom Wasser, als wieder unter sich, verschieden sind; ich bediene mich dabey eines Bogens aus bloss einem Metall, oder auch aus zwey Stücken ein und desselben Metalls, und erhalte dann am Frosch jedesmal Contractionen, so oft ich mit den beyden Enden dieses Bogens zwey hinlänglich von einander verschiedene Flüssigkeiten, nie aber, wenn ich zwey gleichartige damit berühre, es sey denn, dass das eine Ende des Bogens zufälliger Weise mit einer Flüssigkeit verunreinigt sey, die von der, mit der das andere Ende in Berührung steht, verschieden ist.

§ 31.

Da indess ein einziger Tropfen, oder eine blosse schwache Hülle von einer jener Flüssigkeiten, mit der das eine Ende des homogenen Metallbogens überzogen oder bedeckt ist, hinreichend ist, und alsdann bloss die beyden Gläser mit Wasser, in denen sich der Frosch befindet, alle nöthigen Dienste leisten, so pflege ich den Versuch häufiger auf diese Art, welche ich weiter oben (§ 24. 25.) bereits beschrieben habe, anzustellen, weil ausserdem, dass so die Versuche bequemer in der Anstellung sind, und mehr auffallen, sich überdies auch leichter und schneller Veränderungen mit ihnen vornehmen lassen. Wir wollen daher diese Art noch weiter betrachten.

§ 32.

Die sehr beträchtlichen Unterschiede in Ansehung der Quantität oder Intensität der Wirkungen, bey den [**24**] in § 24. erwähnten Versuchen, zeigen Ihnen schon an, dass, wenn für ein gegebenes Metall der durch die Berührungen erregte elektrische Strom dann am stärksten ist, wenn sich dieses Metall zwischen einer gewissen Flüssigkeit auf der einen, und einer gewissen Flüssigkeit auf der andern Seite, befindet, es für ein anderes Metall andere Flüssigkeiten giebt, mit denen es am wirksamsten ist, so, dass man auf dem Wege der Erfahrung für jedes Metall eine besondere Scale oder Stufenleiter errichten

muss, in welcher die Feuchtigkeiten oder die Leiter zweyter Klasse nach dem Mehr oder Weniger ihrer Thätigkeit geordnet werden. Ich habe mich in den letzten zwey Jahren viel mit diesem Gegenstande beschäftigt, und schon mehrere von diesen Tafeln entworfen, die ich auch bekannt machen werde, sobald ich sie etwas mehr vervollkommnet haben werde.

§ 33.

Um hier für Sie nur einiges anzumerken, führe ich an, dass ich, um die unzählbaren verschiedenen feuchten Leiter dieser Art nur einigermassen zu klassificiren, sie in wässrige, geistige, schleimige und glutinöse, zuckerartige, seifenartige, salzige, saure, alkalische, schwefelhaltige Flüssigkeiten unterscheide; dass ich bey den Säuren jede der bekanntesten Mineralsäuren, (indem ich besonders bey der Salpeter- und der salzigten Säure in dieser Hinsicht grosse Unterschiede antreffe,) und eben so der vorzüglicheren des Pflanzenreichs, die Gallussäure oder den adstringirenden Stoff mit einbegriffen, besonders nehme; und dass ich auf gleiche Art auch unter den salzigen Flüssigkeiten Abtheilungen [25] mache, je nachdem sie Auflösungen von Neutralsalzen, erdigen Salzen, vorzüglich aber von metallischen Salzen, sind.

§ 34.

Wenn man erst bestimmen kann, in welcher Ordnung alle diese Arten von Flüssigkeiten in Ansehung des Vermögens, von welchem hier die Rede ist, für das Metall *A*, in welcher andern für das Metall *B*, u. s. w., sie auf einander folgen, dann wird man auch im Stande seyn, voraus zu sagen, welche Stelle eine grosse Anzahl anderer mehr heterogener Flüssigkeiten, es seyen mineralische, vegetabilische oder thierische, die zu mehreren der genannten Klassen zugleich gehören, nach dem Grade, in welchem sie dazu gehören, einnehmen müssen.

§ 35.

Im Allgemeinen ist die Ordnung, welche die Leiter der zweyten Klasse für die mehresten Metalle beobachteten, fol-

gende: 1) Reines Wasser; 2) Wasser mit Thon oder Kreide vermengt, oder ein halbflüssiger Brey dieser Erden, welche Mischung, wenn man den oben (§ 25 Fig. 19) beschriebenen Versuch mit zwey Gläsern, und mit einem Bogen von Zinn oder Zink, anstellt, in demselben eine Action äussert, die von der des Wassers bereits beträchtlich genug verschieden ist, um einen vollständig präparirten und sehr erregbaren Frosch in Contractionen versetzen zu können; 3) Zuckerauflösung; 4) Alkohol und Aether; 5) Milch; 6) Mucilaginöse Flüssigkeiten; 7) Thierische glutinöse Flüssigkeiten; 8) Verschiedene Weine; 9) Essig und andere [**26**] vegetabilische Säfte (und Säuren); 10) Speichel; 11) Nasenschleim; 12) Blut; 13) Harn; 14) Starkes Salzwasser; 15) Seifenauflösung; 16) Die Mineralischen Säuren; 17) Kalkmilch; 18) Starke alkalische Lauge; 19) Gesättigte Kaliauflösung und andere concentrirte alkalische Flüssigkeiten; 20) Schwefelkali und andere Schwefelalkalien oder Schwefellebern.

§ 36.

Ich muss indess nochmals wiederholen, dass diese Ordnung nicht durchaus für alle Metalle gilt; sie macht, besonders in Rücksicht der Schwefelalkalien, der alkalischen Flüssigkeiten, der Salpeter-, und der salzigten Säure, beträchtliche Abweichungen.

§ 37.

Was die Metalle betrift, die, wenn sie zwischen diese verschiedenen Flüssigkeiten gebracht werden, mehr oder weniger zu der Hervorbringung der elektrischen Wirkung, von welcher hier die Rede ist, geschickt sind, so habe ich gefunden, dass das Zinn alle andern, selbst den Zink, übertrift, und dass das Silber allen andern nachstehe, ausgenommen, wenn die eine von den Flüssigkeiten, zwischen denen sich die Platte oder der Bogen von Silber befindet, Wasser oder irgend ein wässriger Leiter, und die andere Schwefelleber ist, denn in diesem Fall übertrift das Silber noch weit den Zink, und selbst das Zinn. Eben so ist auch das Eisen wirksamer, als irgend ein anderes Metall, wenn es auf der einen Seite mit blossem Wasser oder einem mit wässriger Flüssigkeit getränkten Leiter, und auf der andern mit Salpetersäure, sollte es

auch nur ein Tropfen [27] seyn, in Berührung ist. Die in diesen beyden Fällen hervorgebrachte Wirkung ist bewundernswürdig, indem sie, wie ich schon oben (§ 23. 24) bemerkt habe, diejenige übertrift, welche man nach der gewöhnlichen Art mit Hülfe eines doppelten Metallbogens, selbst wenn er aus den heterogensten Metallen, wie aus Zink und Silber, die man an Leiter der zweyten Klasse von einerley, oder nur wenig verschiedener Art, applicirt hat, hervorbringt. Sie ist sogar stark genug und fähig, in einem nur halb präparirten und nicht ausgeweideten Frosche Contractionen zu bewirken, wenn der eine von den beyden feuchten Leitern eine concentrirte alkalische Auflösung, der andre reines, oder diesem sich näherndes Wasser, und das dazwischen befindliche, allein den Bogen bildende Metall, Zink, oder noch besser, Zinn, ist. Mit den andern Metallen und den andern Flüssigkeiten gelingt es selten, Contractionen in einem Frosche zu erregen, wenn er nicht vollständig, so dass die Schenkel mit dem Rumpf nur noch durch die blossen Cruralnerven zusammenhängen, präparirt, oder nicht wenigstens ausgeweidet, ist.

§ 38.

Sie werden leicht einsehen, dass, wenn der Bogen eines und desselben Metalls, mit seinen beyden Enden ein und das nemliche Salzwasser, die nemliche Säure, die nemliche alkalische Flüssigkeit, u. s. w. berührt, der elektrische Strom eben so wenig Statt haben könne, als wenn er auf jeder Seite blosses Wasser berührt. Es sind in diesem Falle zwey sich entgegengesetzte Actionen vorhanden, die einander das Gleichgewicht halten. Damit aber dieser Gegensatz im vollkommenen Gleichgewicht [28] sey, ist es nöthig, dass die an die andern beyden Enden des homogenen Metallbogens applicirte Flüssigkeit völlig von einerley Art, und von der nemlichen Stärke sey. Eben deshalb wird die sorgfältigste Aufmerksamkeit und eine gewisse Fertigkeit erfordert, um diese Versuche, die ich privatim sowohl als öffentlich zur grossen Verwunderung der Zuschauer angestellt habe, und die Sie leicht zu wiederholen, im Stande seyn werden, wie es unser Freund *von Humboldt* gethan hat, so anzustellen, dass sie gelingen. Letzterer hat bereits in seinem zweyten, oben (§ 21.) angeführten Briefe, an Hn. *Blumenbach*, einige der frappantesten und entscheidendsten Ver-

suche, die ich ihm kurz zuvor zu Como gewiesen hatte, angezeigt, und ich will sie Ihnen hier etwas umständlicher beschreiben.

§ 39.

Erster Versuch.

Bringen Sie den vollständig oder nur zur Hälfte, präparirten Frosch, wie gewöhnlich in zwey Gläser mit Wasser, nehmen Sie einen recht reinen, (am besten mit dem Wasser aus den Gläsern rein gewaschenen,) silbernen Bogen, und tauchen Sie dessen beyde Enden zugleich, oder eines nach dem andern, in die beyden Gläser; es findet keine Erschütterung oder Contraction des Frosches Statt.

Zweyter Versuch.

Wiederholen Sie den Versuch, nachdem Sie das eine von den Enden des Bogens mit Eyweiss, flüssigem [29] Leim, Speichel, Mucus, Blut, dem Saft von einer Frucht, mit Seiffenwasser, Kaliauflösung, oder einer andern Flüssigkeit oder leitenden Substanz, die von reinem Wasser hinlänglich verschieden ist, bestrichen haben; tauchen Sie zuerst das reine, oder mit blossem Wasser befeuchtete Ende, in das Wasser des einen Glases, und hernach das andere, mit einer der genannten Substanzen bestrichene Ende, in das Wasser des anderen Glases: Sie werden ganz ohnfehlbar starke Contractionen am Frosche erregen, und zwar mehrere Male hinter einander, wenn Sie den Bogen herausziehen und wieder eintauchen, bis endlich nichts mehr von der heterogenen Flüssigkeit oder Substanz an dem Metalle hängt, oder bis dies mit seinen beyden Enden in dem einen Glase, wie in dem andern, bloss reines, oder diesem nahe kommendes Wasser, berührt.

Dritter Versuch.

Bringen Sie dieselbe Substanz gleichförmig an beyde Enden des Bogens, und tauchen Sie sie gleichzeitig in beyde Gläser Wasser: es entstehen keine Contractionen.

Bisweilen werden Sie dieselben bey ganz frisch präparirten

und höchst erregbaren Fröschen wirklich erhalten, wenn die salzige Flüssigkeit, oder überhaupt die Substanz, womit die beyden Enden des Bogens bestrichen sind, nicht ganz vollkommen einerley, wenn sie z. B. an dem einen Ende mehr verdünnt oder schwächer ist, als am andern, u. s. w.

Vierter Versuch.

Waschen und reinigen Sie das eine Ende des Bogens recht genau, das andere aber lassen Sie mehr oder [30] weniger damit bestrichen, und die Contractionen erscheinen wieder, sobald sie den Kreis durch die Eintauchung beyder Enden des Bogens vollständig machen oder schliessen.

Fünfter Versuch.

Reinigen Sie endlich beyde Enden des Bogens vollkommen, oder waschen Sie dieselben in dem Wasser der Gläser recht rein, und es entstehen bey dem Eintauchen derselben in die Wassergläser keine Contractionen mehr, wie beym ersten Versuch.

§ 40.

Zu den vergleichenden Versuchen dieser Art schlage ich vor, lieber viscöse Flüssigkeiten oder Substanzen, als salzige, anzuwenden, weil diese letztern sich zu schnell im Wasser auflösen. Es geschieht manchmal, dass die Zuckungen des Frosches, wenn er vollständig präparirt, und sehr erregbar ist, doch Statt haben, ohngeachtet man die beyden Enden des Metallbogens mit einerley salziger Flüssigkeit bestrichen hat. Die Ursache davon ist, dass wenn man ein Ende des Bogens nach dem andern in das Wasser taucht, (und man sieht leicht, dass es nicht möglich ist, es ganz genau in einem Augenblick zu thun,) das eine Ende des Bogens eher, als das andere, seinen Antheil der anhängenden salzigen Substanz verliert, oder wenigstens der anhängende Theil mehr vom Wasser verdünnt wird, so dass es nicht mehr die nemliche Flüssigkeit ist, womit beyde Enden des Bogens überzogen sind, und folglich der Fall eintritt, dessen ich als Ausnahme beym dritten Versuch im vorigen § erwähnt habe.

[31] § 41.

Auch schlage ich zu diesen Versuchen zorzüglich das Silber vor, da es eines von den Metallen ist, die durch salzige Flüssigkeiten minder angegriffen und verändert werden, als andere. Das Zinn, der Zink, das Bley, das Kupfer, das Messing, und vor allen das Eisen, erleiden davon sehr leicht dauernde Veränderungen, so dass Bogen aus diesen Metallen, besonders aus Eisen, manchmal lange Zeit die Fähigkeit behalten, Zuckungen bey frisch präparirten, und sehr erregbaren Fröschen zu erregen, wenn man die beyden Enden dieser Bogen in die beyden Gläser mit Wasser taucht, ohngeachtet man die Stelle des Metalls, welche von dieser oder jener salzigen Flüssigkeit angegriffen worden ist, aufs sorgfältigste gewaschen und gereinigt hat. Es ist übrigens, wie Sie leicht einsehen, eine oberflächliche Veränderung des Metalles dazu hinreichend. Sonst geben sich diese Veränderungen dem Auge oft durch einen gelben, röthlichen oder schwärzlichen Fleck, u. dergl., zu erkennen, den man nur schwer wegbringen kann.

§ 42.

Ich spreche hier nicht von den tiefer gehenden und dauernden Veränderungen, die man in den Enden des Metallbogens, besonders beym Eisen, wenn man dessen Härte ändert, zuwege bringen kann; ein Mittel, wodurch man machen kann, dass ein solcher Bogen fähig ist, nicht allein in Fröschen, selbst in nur unvollkommen präparirten, Contractionen hervorzubringen, sondern auch Geschmacksempfindung auf der Zunge, Licht im Auge, u. s. w., zu erregen, ob man gleich seine beyden völlig gereinigten Enden nur von reinem Wasser [32] berühren lässt. Diese, so wie eine Menge ähnlicher Versuche, machen den hauptsächlichsten Gegenstand des ersten meiner Briefe an den Abt *Vassalli*, Professor der Physik zu Turin, aus, den ich im December 1793 geschrieben, und hernach mit andern in den Journalen des Prof. *Brugnatelli*, (s. dessen Giorn. Fis. Med. 1794. Giugno p. 248. ec.; Vgl. *Gren*'s neues Journal der Physik, B. II. S. 141. u. f.) öffentlich bekannt gemacht habe.[2])

§ 43.

Wenn aber das Silber weniger dem Umstande unterworfen ist, von salzigen und andern Flüssigkeiten und Substanzen, (ausgenommen von den Schwefelalkalien, die es augenblicklich schwärzen,) angegriffen zu werden, wenn es minder fähig ist, beträchtliche und dauernde Veränderungen zu erhalten, und deshalb vor andern Metallen darin Vorzüge hat, dass es weniger Anomalien gestattet; so ist im Gegentheil wieder das Zinn wegen seiner grössern Activität, d. h. wegen der Stärke der Wirkungen, die es vermöge der Berührungen mit fast allen feuchten Leitern, wie ich oben (§ 37.) bereits bemerkt habe, hervorbringt, dem Silber, und verhältnissmässig auch allen andern Metallen, vorzuziehen. Der zu Anfange dieses Briefes (§ 1.) beschriebene Versuch mit dem zinnernen Becher, der mit einer alkalischen Flüssigkeit gefüllt ist, und mit den mit Wasser benetzten Händen gehalten wird, und wobey man auf der Zunge, mit der man die genannte Flüssigkeit berührt, die erste Zeit über die Empfindung eines sauren Geschmacks erhält, ist davon ein Beweis; denn vergeblich würde man eine so starke Wirkung von einem [33] bleyernen, eisernen, kupfernen, und noch weniger von einem silbernen Becher erwarten. Mit letzterem würde man sie bloss dann erhalten, und einen schon entschieden sauren und ziemlich starken Geschmack empfinden, wenn er statt der alkalischen Flüssigkeit die Auflösung eines Schwefelalkali enthielte.

§ 44.

Das elektrische Fluidum wird also gemeiniglich mit der grössesten Stärke und Thätigkeit bewegt, wenn das Metall zwischen dem Wasser, und einer alkalischen oder andern salzigen Flüssigkeit, Zinn ist (§ 37.), es wird, um auf der Zunge die Empfindung des sauren Geschmacks zu bewirken, mit einer noch eben so grossen Energie erregt, wenn sich Zinn zwischen Wasser und einer mucilaginösen, an sich unschmackhaften Flüssigkeit befindet, wie, wenn man den Versuch mit einem zinnernen Becher macht, der mit einer Auflösung von flüssigem Leime, von Eyweiss, u. dergl. gefüllt ist. Auch die übrigen Metalle bringen unter ähnlichen Umständen einige Wirkung hervor, aber eine weit schwächere, und unter allen das Silber die schwächste (§ 37.).

§ 45.

Man kennt einen ähnlichen Versuch, den ich schon vor drey Jahren angestellt, und seitdem jedermann gezeigt habe, hinlänglich, nicht mit zwey verschiedenen Flüssigkeiten und einem Metalle, der vorher beschriebene, sondern umgekehrt, mit zwey Metallen von verschiedener Art und einer Flüssigkeit. Ich nahm einen Becher von Zinn, oder noch besser von Zink, stellte ihn auf einen silbernen Fuss und füllte ihn mit Wasser. [34] Wenn nun eine Person von der Gesellschaft die Spitze der Zunge ans Wasser brachte, fand sie es völlig unschmackhaft, so lange sie den silbernen Fuss gänzlich unberührt liess; sobald sie aber diesen anfasste, und ihn zwischen ihren recht benetzten Händen stark presste, empfand ihre Zunge einen sehr entschiedenen und ziemlich starken sauren Geschmack.

§ 46.

Der Versuch gelingt ebenfalls, doch ist die Wirkung verhältnissmässig schwächer, mit einer Kette von zwey, drey, oder mehreren Personen, die sich an den mit Wasser benetzten Händen anfassen, und von denen die erste die Spitze der Zunge ins Wasser des Bechers steckt, und die letzte das silberne Fussgestelle anfasst.

§ 47.

Sind nun diese Erfahrungen, den auf der Zunge durch die Action zweyer verschiedener Metalle, die unter einander, und beyde wieder mit Wasser, oder mit einem oder mehreren wässrigen Leitern, in Berührung stehen, erregten Geschmack betreffend, auffallend, so sind es die andern, den, durch ein Metall zwischen zwey verschiedenen Flüssigkeiten erregten, modificirten oder veränderten Geschmack betreffend, nicht minder; auch sind sie sonst neuer. Sie werden noch interessanter dadurch, dass sie uns die Ursache von dem Geschmack entdecken, den man beym Wasser, und mehr oder minder stark und verändert, auch bey andern Flüssigkeiten wahrnimmt, wenn man sie aus Gefässen von Metall, vorzüglich von Zinn, als wenn man sie [35] aus Glas oder Porcellän trinkt. Wenn man den äussern Rand des Gefässes an die untere

Lippe bringt, die vom Speichel feucht ist, und die Zunge bis zur Berührung des Wassers, Bieres, Weines, der Milch u. s. w., im Gefässe verlängert, oder dieses neigt, wie man beym Trinken thut, so stellt sich ein geschlossener Kreis dar, indem sich nemlich das Metall zwischen zwey beträchtlich verschiedenen Flüssigkeiten, zwischen dem Speichel der Unterlippe nemlich und dem in dem Gefässe enthaltenen Wasser oder andern Getränk, befindet. Dadurch muss also auch ein mehr oder minder starker elektrischer Strom veranlasst werden, je nachdem die beyden Flüssigkeiten mehr oder weniger unter sich verschieden sind; ein Strom, der nicht ermangeln wird, nach seiner Art das in dem gedachten Kreise begriffene sensible Organ der Zunge, u. s. w., zu afficiren.

§ 48.

Ausser den beyden bisher betrachteten Arten, einen elektrischen Strom zu erregen, nemlich vermittelst eines oder mehrerer feuchten, oder Leiter der zweyten Klasse, die sich zwischen zwey verschiedenen einander berührenden Metallen, oder Leitern der ersten Klasse befinden, oder auch umgekehrt, vermittelst eines Leiters der ersten Klasse, der sich zwischen zweyen, ebenfalls verschiedenen und einander berührenden Leitern der zweyten Klasse befindet, welche beyde Arten ich durch Fig. 1. und 2. bezeichnet habe, ausser diesen beyden, sage ich, giebt es noch eine dritte Art, das elektrische Fluidum zu erregen, obgleich auf eine weit geringere Weise, so dass sie kaum vermögend ist, einen vollständig präparirten Frosch, der einen sehr hohen Grad von [36] Erregbarkeit besitzt, in Bewegung zu versetzen. Diese neue Art besteht darin, den Kreis aus drey verschiedenen Leitern zu bilden, die alle drey feuchter Beschaffenheit, oder Leiter zweyter Klasse sind, ohne dass noch einer der ersten Klasse, ein Metall, dazwischen träte. Man hat in ihr einen starken Einwurf gegen meine Grundsätze zu finden geglaubt.

§ 49.

Die Fig. 20 stellt diese dritte Art in Vergleichung mit den beyden andern durch Fig. 1. und 2. ausgedrückten, dar. In den von den Anhängern *Galvani*'s, und vorzüglich von

Valli, mit so vielem Geräusch vorgebrachten Versuchen, in denen der Kreis einzig durch den Körper des Frosches, oder seine präparirten Gliedmassen, gebildet wird, (man vergleiche die Fig. 21., die mit der Fig. 20. übereinkommt, in der aber, der grössern Deutlichkeit wegen, der Körper des präparirten Frosches durch einige Zeichnung bestimmter umschrieben ist,) stellt *t* einen Theil des Schenkels eines Frosches, oder eigentlich den harten, weisslichen, tendinösen Theil des Musculus gastrocnemius, *m* den Rumpf oder die Rückenmuskeln, an welche oder an die Ischiadnerven *n* man den genannten tendinösen Theil jenes Muskels, durch Zurückbiegung des Schenkels, bringt; *s* das Blut oder die viscöse, seifenartige, salzige Feuchtigkeit, die man an die Berührungsstelle bringt.

§ 50.

Ich habe diese neue Art, wobey man kein Metall oder Leiter zweyter Klasse anwendet, in dem dritten [37] und vierten Briefe an den Abt *Vassalli*, die ich im Herbst und Winter 1795 geschrieben habe, und von denen bis jetzt bloss der dritte in unsern Iournälen (s. *Brugnatelli*'s »Annali di Chimica e Stor. Nat.« T. V. VI. u. f. Vergl. *A. Volta*'s Schreiben an den Hrn. Abt *A. M. Vassalli* über die thierische Elektricität, als eine Fortsetzung der Schriften desselben über d. thier. Elektr. Herausgegeben von *L. Mayer*. Prag. 1796. 8.) erschienen, aber wie der vorige der Akademie der Wissenschaften zu Turin mitgetheilt worden ist, weitläuftig untersucht, erweitert, und angewendet. In diesen, so wie auch in andern an meine gelehrten Correspondenten geschriebenen Briefen zeige ich, dass es nicht gleichgültig sey, welchen Theil des Schenkels, und welchen des Rumpfes des gehörig präparirten Frosches, man mit einander in Berührung bringe; dass vielmehr die Contractionen erscheinen oder wegbleiben, nachdem man die Berührung an diesen, oder an andern Stellen, vornimmt; dass sie sich bestimmt einstellen, wenn man, wie in Fig. 21., mit den Ischiadnerven, oder mit dem Fleische des Rumpfs, den Theil des Musculus gastrocnemius, wo er bereits ins Tendinöse übergeht, oder die Fortsetzung des tendinösen Theils selbst, in Berührung bringt, nie oder fast nie aber, wenn man mit diesen Theilen den fleischigen und weichen Theil desselben Muskels, oder irgend einen Theil des Oberschenkels, in Verbindung setzt; dass es

ausserdem zum Gelingen des Versuchs erforderlich ist, dass der eine oder andere von den in Berührung tretenden Theilen mit Blut, oder einer andern visciden oder salzigen, hinlänglich vom Wasser verschiedenen Feuchtigkeit [38] beschmiert sey; dass daher die Contractionen bey Fröschen bald eintreten, bald wegbleiben, ohngeachtet diese aufs beste präparirt, und sehr erregbar sind; und dass, wenn jene aus Mangel der Gegenwart einer solchen visciden oder salzigen Feuchtigkeit, oder weil die Theile des Thieres zu rein, oder von dem Anhängenden durch Waschen befreyt sind, wegbleiben, sie von neuem erscheinen, nachdem man sie absichtlich mit etwas Blut verunreinigt, oder etwas Speichel, Salzwasser, oder besser, etwas von einer starken alkalischen Flüssigkeit, an dieselben gebracht hat.

§ 51.

Folgende Versuche werden Ihnen hinlänglich zeigen, wie nöthig diese Dazwischenkunft einer von dem Wasser hinreichend verschiedenen Feuchtigkeit zwischen den tendinösen Theil des Schenkels und den fleischigen des Rumpfes oder den weichen der Ischiadnerven, der mit jenem in Berührung treten soll, wie nöthig, sage ich, es zur Erhaltung wirklicher Contractionen sey, dass man an die Berührungsstelle eine solche Feuchtigkeit bringe.

Nehmen Sie einen vollkommen und frisch präparirten Frosch, von dem Sie durch Versuche gefunden haben, dass, wenn Sie den einen oder andern seiner Schenkel dergestalt umbiegen, dass die oben genannte Sehne mit einem Theile des Rumpfs oder der Cruralnerven in Berührung kommt, die gewöhnlichen Contractionen entstehen. Sie werden dies weder beständig, noch bey jedem Frosche, erhalten, und nur bey sehr lebhaften Thieren dieser Art, die noch von der Präparation her mehr oder weniger, doch immer wenigstens [39] in einigem Grade, mit Blut verunreinigt sind, werden dieselben erscheinen. Trocknen Sie einen Frosch, der auf die beschriebene Art präparirt ist, und an dem Sie den Versuch mit Erfolg anstellten, d. h., der dabey wirklich in Contractionen gerieth, ab, oder waschen Sie ihn mit Wasser recht rein, und unterwerfen Sie ihn hierauf dem Versuch von neuem; Sie werden keine Contractionen mehr erhalten. Befeuchten Sie jetzt entweder den Theil der Sehne, oder den des Rumpfes

oder der Nerven, welcher mit dem andern in Berührung kommen soll, mit einem oder etlichen Tropfen Salzwasser, Speichel, oder besser Kaliauflösung; die Contractionen erscheinen wieder, sobald beyde Theile sich berühren, und sind eben so stark, und noch stärker, als vorher, ohngeachtet der Frosch jetzt um vieles matter und schwächer ist, wie vorhin.

Der Versuch gelingt ebenfalls, wenn Sie, statt den Frosch mit der salzigen Flüssigkeit, die im Stande seyn könnte, denselben anzugreifen, vorzüglich, wenn es eine starke Alkaliauflösung ist, in unmittelbare Berührung zu bringen, ein Stückchen Schwamm, Löschpapier, u. dergl., mit derselben tränken, dieses an den Rumpf des Frosches unmittelbar bringen, oder es auch mit Hülfe eines andern feuchten Leiters damit in mittelbare Verbindung setzen, und darauf den Schenkel des Frosches, oder vielmehr die genannte Sehne desselben, mit diesem Schwamm- oder Papierstück, was mit der erwähnten Flüssigkeit befeuchtet ist, in Berührung setzen.

§ 52.

Es giebt noch mehrere Arten, Frösche durch blosse [40] Verbindung feuchter, oder Leiter der zweyten Klasse in Contraction zu versetzen, ohne dabey einen Leiter der ersten Klasse, oder ein Metall, anzuwenden, indem man z. B. den Rumpf des Frosches in ein Glas oder Becken mit Wasser bringt, und dann mit dem einen seiner Schenkel, oder eigentlich dem oftgenannten tendinösen, mit der salzigen Flüssigkeit befeuchteten Theil derselben, jenes berührt; oder, indem man den Rumpf in eines, und die Schenkel in ein anderes Glas mit Wasser bringt, und darauf das Wasser beyder Gläser durch zwey Finger verbindet, an deren einen man vorher etwas Alkaliauflösung oder andere salzige Flüssigkeit gebracht hat; oder auch, indem man zum leitenden Bogen, statt der beyden Finger, ein Stück frisches Fleisch, oder eine starke saftige Sehne von irgend einem Thier, eine Scheibe Apfel oder andere Frucht, hartgekochtes Eyweiss, u. dergl., anwendet, deren eines Ende man gleichfalls mit Alkaliauflösung, u. s. w., befeuchtet.

Man erhält indessen bey Fröschen unter diesen Umständen bey weitem seltener Contractionen, als wenn man mit ihnen auf die in den vorigen §§ beschriebene Weise verfährt; selbst

die auf diese letztere Art angestellten Versuche geben die erwartete Wirkung nicht immer, und wenn sie es thun, so geschieht dies in einem, in der Vergleichung mit der, die sich erzeugt, wenn man zum leitenden Bogen, entweder zwey verschiedene Metalle, oder auch nur eins, was man aber zwischen zwey beträchtlich unter einander verschiedene feuchte Leiter gebracht hat, höchst schwachem Grade. Wirklich haben wir gesehen, dass man auf die eine sowohl, als auf die andere Art, selbst nur halb präparirte und nicht einmal ausgeweidete Frösche [**41**] in Bewegung versetzen kann, da im Gegentheil mit bloss feuchten oder Leitern der zweyten Klasse, so verschieden unter einander sie auch seyn, der Versuch, wie ich hier (§ 48.) sowohl, als vorzüglich in dem oben angeführten Briefe an den Abt *Vassalli*, gezeigt habe, selbst dann nur schwer und selten gelingt, wenn die Frösche aufs vollständigste präparirt, und noch ganz frisch, folglich noch in sehr hohem Grade erregbar sind.

§ 53.

Indess ist auch in diesen Versuchen mit bloss feuchten, oder Leitern der zweyten Klasse, die Hauptbedingung, unter welcher das elektrische Fluidum zu einer Strömung bestimmt wird, welche einen Frosch einigermassen zu Contractionen veranlassen kann, diese, dass der Kreis aus drey oder mehr in gehörigem Grade verschiedenen Leitern gebildet werde. Weit entfernt daher, meinen Ideen und Grundsätzen entgegen zu seyn, oder sie gar aufzuheben, wie einige haben glauben wollen, bestätigen sie dieselben vielmehr aufs schönste, indem sie das von mir aufgestellte Princip, dass nemlich die Leiter oder Conductoren (Conduttori) durch heterogene Berührungen, d. i., zweyer verschiedener unter einander, zu Erregern oder Excitatoren (Motori) werden, weiter ausdehnen und allgemeiner machen, und dem schönen Gesetz, was daraus fliesst, dass nemlich zur Entstehung eines elektrischen Stroms, u. s. w., der Kreis durchaus wenigstens aus drey verschiedenen Leitern gebildet seyn müsse, eine neue Bestätigung geben.

[**42**] § 54.

Sie sehen jetzt, worin das ganze Geheimniss, die ganze Magie des Galvanismus, besteht. Sie ist nichts, als eine,

durch die Berührung heterogener Leiter in Bewegung gesetzte, künstliche Elektricität. Diese verschiedenen Leiter sind es, welche hierbey thätig, welche die wahren Erreger derselben sind, und dies Gesetz gilt nicht etwan bloss für die Metalle oder die Leiter der ersten Klasse, wie man hätte glauben sollen, sondern, mehr oder weniger, für alle, nachdem sie ihrer Natur und Güte nach, mehr oder weniger von einander verschieden sind, und folglich auch in einigem Grade für die feuchten, oder die Leiter der zweyten Klasse. So lange Sie von diesen Gesetzen ausgehen, werden Sie alle bisher angestellten Erfahrungen leicht erklären können, ohne zu irgend einem eingebildeten andern Princip einer activen thierischen und den Organen eigenthümlichen Elektricität Ihre Zuflucht nehmen zu dürfen; Sie werden mit Hülfe derselben sogar neue Versuche erfinden, und ihren Erfolg vorher sagen können, wie ich es gethan habe, und noch täglich thue. Verlassen Sie aber diese Grundsätze, so werden Sie in diesem weiten Feld von Versuchen nichts als Ungewissheiten, Anomalien und Widersprüche ohne Ende antreffen, und alles wird Ihnen ein unauflösbares Räthsel werden.

August 1796.

[43] II.

Nachdem ich Ihnen einen Begriff von den dreyen Arten gegeben habe, auf welche sich, vermöge der blossen Verbindung heterogener Leiter, sowohl Contractionen in den Muskeln, die dem Galvanismus unterworfen werden, vorzüglich den willkührlichen *), als Empfindungen, und zwar auf der Zunge Geschmack, der bald sauer, bald alkalisch ist, momentanes Leuchten im Auge, Schmerzen in Wunden und gewissen andern mit einer vorzüglichen Empfindlichkeit versehenen Theilen, (dergleichen die Ränder an den Augenliedern, besonders [44] gegen den innern Winkel und die Thränendrüse, sind,) erregen lassen, welche sämmtliche Phänomene ich entdeckt und den von *Galvani* beobachteten beygefügt habe: nachdem ich Ihnen, sage ich, einen hinlänglichen Begriff von den dreyerley Arten gegeben habe, auf welche man die elektrische Flüssigkeit erregen und in Umlauf setzen, und dadurch jene Contractionen und Empfindungen hervorbringen kann; welche drey verschiedene Arten oder Verbindungen sich sämmtlich darauf reduciren, dass man wenigstens drey verschiedene Leiter in die Kette bringt; bey der ersten nemlich zwey Metalle oder Leiter der ersten Klasse von verschiedener Art, welche auf der einen Seite sich unmittelbar berühren, auf der andern aber durch einen oder mehrere feuchte oder Leiter der zweyten Klasse mit einander verbunden sind; bey der zweyten ein einziges Metall, welches zwi-

*) Ich habe anderswo erwähnt, dass man die willkührlichen Muskeln, die sogenannten Flexores und Extensores, auf künstliche Weise, nicht bloss, wenn der elektrische Reitz, welcher aus der Berührung verschiedener Metalle oder aus, durch irgend eine andere Ursache künstlich in Bewegung gesetzten Elektricität, entsteht, auf sie unmittelbar, sondern auch, und vielleicht besser, wenn er auf die Nerven wirkt, welche sich in diese Muskeln verbreiten, und die eigentlichen Bewegungsnerven sind, leicht heftige Contractionen erleiden, die unwillkührlichen Muskeln im Gegentheil, wie die der Eingeweide, das Herz, u. s. w., durch den nemlichen elektrischen Reitz, schwerer und minder in Bewegung zu setzen sind, er werde unmittelbar auf sie, oder bloss auf die Nerven derselben, angebracht.

schen zwey unter sich verschiedene und mit einander verbundene feuchte Leiter gebracht ist; bey der dritten endlich drey feuchte oder Leiter der zweyten Klasse, die aber alle unter einander verschieden sind: nachdem ich mich besonders über die zweyte und dritte Art*) weitläuftig ausgelassen habe, weil sie die am wenigsten gekannten waren, kehre ich jetzt wieder zu der ersten, gemeinern und gewöhnlichern, bei der man verschiedene [45] Metalle anwendet, zurück, in Rücksicht welcher ich Sie, ausser dem, was ich bereits gegenwärtig, als in verschiedenen andern Schriften der vorigen Jahre, darüber gesagt habe, mit mehreren neuen Versuchen und Beobachtungen zu unterhalten habe, welche ich erst in den letztern Monaten anstellte, und die mich um vieles weiter gebracht haben.

§ 55.

Nachdem es ausgemacht ist, dass bey der Verbindung zweyer verschiedener Metalle, die sich mit ihrem einen Ende unmittelbar berühren, mit dem andern aber an einen feuchten Leiter gebracht sind, der sie beyde verbindet, dieser Verbindung zu Folge ein elektrischer Strom, in der Fig. 1. z. B. in der Richtung *A Za***) erregt wird, so kann nunmehr [46] die Frage

---

*) Von dieser letzten Art habe ich in dem oben angeführten dritten und vierten Briefe an den Abt *Vassalli* sehr weitläuftig gehandelt.

**) Diese Richtung nimmt der elektrische Strom wirklich, wenn *A* Silber, und *Z* Zinn oder Zink, bedeutet, wie ich dies, noch ehe ich es wirklich entdeckte, der Vergleichung verschiedener Versuche dieser Art, vorzüglich den auf der Zunge erregten sauren oder alkalischen Geschmack betreffend, mit andern Phänomenen bey der Elektrisirmaschine zu Folge, angenommen, und bereits in meinen ersten Schriften über diese Materie angegeben hatte.

Ich habe darauf die Ordnung entdeckt und weiter bestimmt, in welche sich eine Menge Metalle, Halbmetalle, Kiese, u. s. w., in Hinsicht ihres Vermögens, elektrisches Fluidum abzugeben oder aufzunehmen, stellen, und sie in einigen meiner Schriften, vorzüglich aber in meinem dritten Briefe des Hn. *Vassalli*, in eine Tafel oder Scale gebracht, die ich in der Folge mit Zusätzen vermehrt und an mehrern Stellen etwas abgeändert habe. In dieser Tafel, welche nicht sonderlich von der verschieden ist, die Hr. D. *Pfaff* (s. dessen Commentatio de Electricitate sic dicta Animali. Stuttgard. 1793. und die deutsche Uebersetzung derselben: Ueber thierische Elektricität und Reizbarkeit. Göt-

entstehen, in und durch welche von den drey heterogenen Berührungen, die dabey Statt haben, das elektrische Fluidum den Impuls erhalte, welcher es zu dieser Strömung bestimmt? Ist es die wechselseitige Berührung der beyden Metalle AZ, und ist es diese allein, aus der die Action, welche das elektrische Fluidum erregt, d. h. zum Uebergang aus dem einen Metall in das andere reitzt, hervorgeht? Oder rührt dieser Impuls einzig, oder vorzüglich, von den gegenseitigen Berührungen des Leiters a mit dem Metall A auf der einen, und dem Metall Z auf der andern Seite her; und wird der elektrische Strom in diesem Fall dadurch bestimmt, dass die aus diesen Berührungen hervorgehenden Kräfte nach einerley Richtung, oder dass sie in entgegengesetzten Richtungen aber mit ungleicher Stärke, wirken? Denn es ist denkbar, dass Z das Vermögen habe, das elektrische Fluidum an den feuchten Leiter a, mit dem es verbunden ist, [47] abzugeben, A hingegen die Kraft besitze, es aus demselben an sich zu ziehen; aber eben so denkbar, und noch wahrscheinlicher, ist es, dass beyde Metalle dieses Fluidum nach dem genannten Leiter a, (oder jedem andern Leiter der zweyten Klasse), welchen sie berühren, treiben, und so beyde Kräfte einander entgegengesetzt seyn, die eine aber von ihnen der andern an Stärke überlegen, die nemlich, welche das elektrische Fluidum aus Z nach a treibt, grösser sey, als die, welche es aus A nach a zu bewegen sucht.

§ 56.

Ich gestehe es, dass ich mich im Vorigen sehr zur letzten Voraussetzung geneigt habe, dass ich nemlich die, das elektrische Fluidum in Bewegung setzende Action, statt sie von dem wechselseitigen Contact der beyden Metalle unter einander herzuleiten, in die Berührung eines jeden von ihnen mit den feuchten, oder den Leitern der zweyten Klasse

---

tingen 1794., vgl. *Grens* Journal der Physik. B. VIII. S. 196. u. f.; ferner: Ueber thierische Elektricität und Reizbarkeit. Ein Beytrag zu den neuesten Entdeckungen über diese Gegenstände, von D. *C. H. Pfaff*. Leipz. 1795. S. 60 u. f. 98. u. f.) bekannt gemacht, steht oben an der Zink, in der Mitte ohngefähr das Bley und das Zinn, gegen das Ende das Silber, und ganz zuletzt das Reissbley, die Kohle und der Kupferkies. Hr. *Pfaff* (a. a. O.) giebt die letzte Stelle dem Braunstein.

gesetzt habe. Auch kann man wirklich nicht leugnen, dass nicht durch die Berührungen der Metalle mit diesen feuchten Leitern einige, bald stärkere, bald schwächere, Action bestimmt werde, wie alle in den vorigen §§. erzählten Versuche beweisen, in denen man in einem Frosch starke Contractionen dadurch erregt, dass man mit einem Bogen von bloss einem homogenen Metalle, auf der einen Seite Wasser oder einen andern wässrigen Leiter, und auf der andern eine mucilaginöse, salzige ..... Flüssigkeit in Berührung bringt. Demohngeachtet aber haben mich neue erst vor Kurzem entdeckte Thatsachen überzeugt, dass bey der gewöhnlichen Art, Galvanische Versuche anzustellen, indem man nemlich zwey hinlänglich [48] von einander verschiedene Metalle an bloss wässrige, oder andere nicht beträchtlich von diesen verschiedene feuchte Leiter, applicirt, die erhaltene Wirkung weit mehr auf Rechnung des wechselseitigen Contacts dieser Metalle unter einander, als ihrer beyderseitigen Berührung mit den genannten feuchten Leitern, komme. Ohngeachtet es also ausser Zweifel, und, wie ich bereits erwähnt habe, durch directe Versuche erwiesen ist, dass auch in jeder Berührung dieses und jenes mit den wässrigen Leitern einige Action entstehe, so zeigen dennoch eine Menge anderer sehr entscheidender Versuche, die ich Ihnen in Kurzem erzählen werde, aufs deutlichste, dass eine weit beträchtlichere Action sich an der Stelle entwickele, wo die beyden heterogenen Metalle einander unmittelbar berühren.

§ 57.

Es erzeugt sich sonach bey der wechselseitigen Berührung z. B. des Silbers mit dem Zinn, eine Action, eine Kraft, vermöge welcher das erstere elektrisches Fluidum abgiebt, das zweyte hingegen es aufnimmt, oder jenes dasselbe in dieses ergiesst*). Diese Action erzeugt, wenn übrigens der Kreis durch feuchte Leiter vollständig gemacht wird, einen Strom, eine continuirliche Circulation dieses Fluidums, welches, der [49] oben (§ 55 u. Anm.) angezeigten Richtung gemäss, aus

*) In der (in der vorigen Anmerkung) angeführten Tabelle geben die untern Metalle .... das elektrische Fluidum an die obern ab, und thun dies in um so grösserm Grade, je weiter sie in derselben von einander abstehen. *V.*

dem Silber nach dem Zinn, und von da durch den oder die feuchten Leiter wieder zurück nach dem Silber geht, um so, indem er von neuem nach dem Zinn*), u. s. w., strömt, das vorige Spiel zu wiederholen. Ist der Kreis nicht vollständig, (keine Kette geschlossen), so entsteht, wenn beyde Metalle isolirt sind, in dem Zinn eine Anhäufung des genannten Fluidums auf Kosten des Silbers, eine Elektricität nemlich, die positiv oder plus ist in dem erstern, und negativ oder minus in dem letztern: eine Elektricität, die zwar sehr geringe, und weit unter dem Grade ist, der nöthig wäre, um sich an den gewöhnlichen Elektrometern durch Zeichen erkennen zu geben, mit der es mir aber doch endlich, und besser, als ich erwartete, gelungen ist, sie mit Hülfe meines [50] Condensators der Elektricität, und noch besser, mit dem Duplicator des Hn. *Nicholson*, einem Instrument von der sinnreichsten Erfindung, das mit dem Condensator auf gleichen Principien beruht, und das Sie in Ihrem Journal der Physik (B. II. S. 61—65)**) beschrieben haben, wirklich bemerkbar zu machen, ja sogar sie bis zum Funken zu verstärken.

§ 58.

Ich will mich daher weder bey der Beschreibung der Construction dieses vortreflichen Instruments, noch bey der Sorgfalt und Aufmerksamkeit verweilen, die erforderlich ist, wenn

*) Einer meiner Collegen und Freunde, dem ich vor längerer Zeit die damals neuesten Versuche, über den Galvanismus gezeigt und zugleich erklärt hatte, hat dies in einem vortrefflichen Gedichte, welches die Verdienste, die unsre Universität (Pavia) um jeden Theil der Naturwissenschaften hat, eben so gelehrt als poetisch durchgeht und schildert, und in dem unter andern auch jene Versuche über die thierische Elektricität besungen werden, sehr schön ausgedrückt. Er schliesst diesen Theil seines Gedichts mit folgenden Zeilen:

»E quindi in preda a lo stupor ti parve
Chiaro veder quella virtù, che cieca
Passa per interposti umidi tratti
Dal vile stagno al ricco argento, e torna
Da questo a quello con perenne giro«[3])

Mascheroni. Invito a Lesbia. Milano 1793. V.

**) Die Originalabhandlung sehe man in »Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. LXXVIII.: for the year 1788. P. II. London. 1788. 4. p. 403–407. *V.*

die Versuche mit demselben, die leicht Irrthümern und Anomalien ausgesetzt sind, gelingen sollen. Eben so wenig will ich hier der vielen andern Entdeckungen erwähnen, welche ich mit diesem schätzbaren Instrument in den wenigen Monaten, die es sich in meinen Händen befindet, vom Frühjahr 1796 an nemlich, wo ich mir dasselbe zu verschaffen Gelegenheit hatte*), gemacht habe. Ich will hier bloss anführen, dass ich mit ihm Zeichen von negativer Elektricität erhalte, aus einer Stange oder Platte Metall, einem Span Holz, Pappe, u. s. w., die [51] gehörig isolirt sind, und eine kurze Zeit hindurch an der Sonne, am Feuer, oder auch bloss an einem warmen Orte stehen, so dass sie durch Verdampfung einen Theil der ihnen adhärirenden Feuchtigkeit verlieren; dass diese Stücken Metall, Holz, u. s. w., mir diese Zeichen von negativer Elektricität noch deutlicher und schneller geben, wenn ich sie an einem Faden Seide aufhänge, und sie darauf zwey bis drey Minuten lang in der Luft gleich einer Schleuder schnell hin und her bewege, die Elektricität komme im letztern Fall von der grössern und schnellern Verdunstung, oder auch, da der Versuch sehr gut gelingt, wenn man auch diese Körper vorher ganz trocken gemacht hat, von der Reibung, die diese Körper an der Luft selbst erleiden, her; dass ich im Gegentheil, von den nemlichen Stücken Metall, Holz, Pappe, u. s. w., Zeichen von positiver Elektricität erhalte, wenn ich sie einige Zeit an einen kalten oder feuchten Ort bringe, damit sie sich mit neuen Dünsten beladen können.

Sie sehen, wie interessant diese Versuche sind, und wie sehr sie geeignet sind, meine an einem andern Orte aus einander gesetzte Theorie der natürlichen Elektricität der Atmosphäre, die ich aus der Bildung und Erhebung der Dünste von der Erde, und der darauf folgenden Verdichtung derselben in den kältern Luftschichten, ableite, zu bestätigen, und in ein helleres Licht zu setzen. Was kann man mehr verlangen, nachdem ich, ohne zu einer forcirten Verdampfung meine Zuflucht zu nehmen, sehr leicht Zeichen von negativer Elektricität auch bey einer gelinden und natürlichen Verdampfung, und eben so Zeichen von positiver Elektricität durch eine blosse langsame [52] und natürliche

*) Es wurde unter meiner Leitung, von dem gelehrten Mechaniker und Aufseher des physikalischen Kabinets der Universität zu Pavia, dem Abt *Giuseppe Re*, verfertigt. *V.*

Verdichtung der Dämpfe, an welchem Ort es auch sey, selbst in einem verschlossenen, erhalte?

§ 59.

Auf dieselbe Art nun, um wieder auf unsern Gegenstand zurückzukommen, auf welche ich mit Hülfe des Duplicators die schwächste Elektricität einer Metallstange oder Platte, eines Spans Holz, eines Streifen Pappe, oder irgend eines andern isolirten Leiters, der Dämpfe verloren oder aufgenommen, sich dieselbe hat entziehen lassen, oder mit neuen beladen hat, welche Elektricität im ersten Fall negativ oder minus, im letztern aber positiv oder plus ist; auf dieselbe Art, sage ich, auf welche ich diese äusserst schwachen Elektricitäten bis zu dem Grade verstärke, dass sie sich am Elektrometer durch die deutlichsten Zeichen, ja selbst durch Funken, zu erkennen geben, auf dieselbe Art, und mit derselben Leichtigkeit, mache ich die eben so schwache und noch schwächere Elektricität bemerklich, die ein isolirtes Metall bey der blossen Berührung von einem andern von ihm verschiedenen, isolirten oder nicht isolirten, erhält. Ich will von den vielen Versuchen, die ich in dieser Hinsicht angestellt habe, nur einige anführen, welche hinreichen werden, dies deutlich zu machen, und die allen übrigen Versuchen dieser Art zur Norm dienen können.

§ 60.

Erster Versuch.

Nachdem ich den Duplicator einige Stunden, ja einen oder mehrere Tage, in Ruhe, und seine drey [53] messingenen Scheiben unter einander und mit der Erde in Verbindung gelassen habe, bis ich glauben kann, dass aller Rückstand von der in den vorigen Versuchen vorhandenen Elektricität sich völlig daraus verloren habe*), [54] hebe ich jene Ver-

*) Es ist äusserst schwer, um nicht zu sagen unmöglich, den Duplicator von aller Elektricität wieder so gänzlich zu befreyen, dass nicht der geringste Ueberschuss oder Mangel von elektrischem Fluidum in der beweglichen Scheibe desselben mehr zugegen sey; ein Minimum, was nicht ein Hundert-, ja kaum ein Tausendtheil eines Grades ausmacht, ist hinreichend, um durch 20, 30, 40 oder

bindungen auf, so dass nun die bewegliche Scheibe sowohl, als die beyden andern unbeweglichen, jede besonders, isolirt sind. Hierauf bringe ich mit jener beweglichen, oder mit einer der unbeweglichen messingenen Scheiben, eine Silberplatte auf eine beliebige Zeit in Berührung, nehme sie wieder weg, und fange jetzt an, die bewegliche Scheibe in Umdrehung zu versetzen. Nach 20, 30, 40 Umdrehungen schon, nachdem die Berührung mehr oder minder vollkommen war, (und das Instrument in besserem Zustande und die Luft trockner ist), erscheinen in der beweglichen Scheibe Zeichen von positiver Elektricität, wenn das Silber mit ihr in Berührung gestanden hatte, die unbeweglichen Scheiben hingegen geben Zeichen von negativer Elektricität, die durch jene veranlasst sind; war aber das Silber mit einer der unbeweglichen Scheiben in Berührung, so ist das Verhältniss umgekehrt, diese nemlich geben Zeichen von positiver, und jene von negativer Elektricität; in beyden Fällen deuten sich diese Elektricitäten an sehr empfindlichen Elektrometern mit Gold-

---

mehr Umdrehungen der Maschine bis zu 2, 4 und mehr Graden heranzuwachsen.

Es ist nicht so schwer, die Metallscheiben von ihrer rückständigen Elektricität zu befreyen, als vielmehr den Antheil derselben wegzubringen, der sich über die Grenzen der Isolation hinausbegeben hat, und fest an den Oberflächen der blossen oder mit Siegellack überzogenen Glassäulen, auf welchen jene Scheiben ruhen, hängen bleibt. Und hat man auch vermittelst einer langen Ruhe und den erforderlichen Berührungen allen Rückstand von diesen isolirenden Flächen gänzlich weggenommen, so erhält man durch eine grössere Anzahl von Umdrehungen, z. B. durch 60, 80 u. s. w., dennoch Zeichen von Elektricität, welche Elektricität von der beweglichen Scheibe bey ihrer Umdrehung aus der Luft aufgesammelt, oder in ihr durch die Verdampfung der ihr anhängenden Feuchtigkeit, wodurch sie trockner wird, oder die Verdichtung der Dämpfe, welche sie feuchter macht, oder auch durch die Reibung, die sie von der Luft erleidet, neuerdings erregt wird. Ueberhaupt wird es nie fehlen, dass man mit einer grössern oder geringern Anzahl von Umdrehungen, aus dem Duplicator nicht jederzeit deutliche Zeichen von Elektricität erhalte.

Diesem ohngeachtet aber lassen sich dennoch mit dem Duplicator die Elektricitäten von Körpern sehr gut entdecken und beurtheilen, die unter einander, oder mit einander, oder mit den Scheiben desselben, in Berührung kommen, so bald nur, wie in unseren Versuchen, diese Elektricitäten grösser sind, als jene im Duplicator an sich vorkommenden, die ich zufällige nenne. Erstere haben, um bemerklich zu werden, bey weitem nicht so viele Umdrehungen der Maschine nöthig, als diese. *V.*

blättchen sowohl, als auch an minder empfindlichen Strohhalm-Elektrometern, mit denen die genannten [55] Scheiben, jede für sich, communiciren, an, und wachsen, wie die Zahl der Umdrehungen zunimmt.

§ 61.

Zweyter Versuch.

Statt jene Messingscheibe mit einer Platte Silber zu berühren, bringe man sie mit einer von Zinn in Verbindung; die berührte Scheibe wird vermittelst des gewöhnlichen Spiels, und zwar bey einer mindern Anzahl von Umdrehungen, als vorhin, Zeichen von negativer, und die unberührten folglich von positiver Elektricität, geben.

Das nemliche, und noch weit schneller, hat Statt, wenn die genannte Scheibe von Messing von einer Platte Zink berührt wurde.

§ 62.

Man ersieht hieraus, dass, wenn das Silber an das Messing, (aus welchem die Scheiben des Duplicators bestehen), elektrisches Fluidum abgiebt, das Zinn und der Zink im Gegentheil von diesem Messing welches empfangen, oder dass dieses an jene, und in grösserer Menge, am meisten an den Zink, davon abgiebt; genau im Verhältniss der Ordnung und Entfernung, in welcher sich diese Metalle in der von mir construirten, und oben (§ 55. Anm.) erwähnten Tabelle oder Scale zu und von einander befinden.

[56] § 63.

Dritter Versuch.

Man nehme Scheiben oder Platten von verschiedenen Metallen, als von Silber, Messing, Eisen, Bley, Zinn, Zink, u. s. w., die ohngefähr drey Zoll im Durchmesser haben. Es ist von keinem sonderlichen Vortheil, wenn sie grösser sind; nachtheilig aber würde es seyn, wenn sie um ein beträchtliches kleiner wären; übrigens muss man sie durch gläserne .... Fussgestelle oder Säulen isoliren können. Man bringe also bequem

eine isolirte Silberplatte mit der Fläche einer isolirten Zinnplatte auf kurze Zeit, oder auch nur auf einen Augenblick, in möglichst genaue Berührung; das Silber wird durch diese kurze Berührung mit dem Zinn eine negative, letzteres aber, das Zinn, eine positive Elektricität erhalten haben, welche Elektricitäten, wenn sie nicht unmittelbar bemerkbar sind*), dies sehr leicht werden, wenn man den Duplicator zu Hülfe nimmt, mit welchem man entweder, welches vortheilhafter ist, beyde Platten, die eine von ihnen nemlich mit der beweglichen, die andere hingegen mit einer der unbeweglichen Scheiben des Duplicators, oder, was auch hinreichend ist, bloss die von Zinn, mit diesen oder [57] mit jener auf wenige Augenblicke in Berührung bringt. Wenige Umdrehungen des Duplicators sind hinreichend, die positive Elektricität der Zinn-, und die negative der Silberplatte, so weit zu verstärken, dass sie nicht nur für das sehr empfindliche *Bennet*'sche, sondern auch für andere minder empfindliche Elektrometer, bemerkbar werden.

§ 64.

Vierter Versuch.

Man isolire nur die eine von beyden Platten, und bringe sie mit der Fläche der andern nicht isolirten in Berührung: auf diese Art wird die Elektricität, welche die erstere hiernach zeigt, und die negativ ist, wenn die Platte von Silber, positiv aber, wenn sie von Zinn ist, beträchtlich stärker seyn, und mit Hülfe des Duplicators, dem man sie mittheilt, weit eher bemerklich werden.

§ 65.

Fünfter Versuch.

Wie sich das Silber mit dem Zinn verhält, so verhält sich ebenfalls das Zinn mit dem Zink, genau wie es die

*) Wir werden in der Folge sehen, dass sich die Elektricitäten dieser Metallplatten an empfindlichen Elektrometern unter günstigen Umständen wirklich auch unmittelbar sehr gut wahrnehmen lassen, ohne dass man erst der Hülfe des Duplicators dazu bedürfte. *V.*

Stelle mit sich bringt, die diese Metalle in der mehrmals angeführten Tafel der metallischen, oder der Leiter der ersten Klasse, behaupten. Stellt man daher den Versuch mit den beyden letzten an, so wird, wie in den vorigen Versuchen das Zinn, jetzt der [58] Zink, Zeichen von positiver, das Zinn hingegen, wie oben das Silber, von negativer Elektricität geben.

§ 66.

Sechster Versuch.

Wie in der erwähnten Tabelle oder Scale Zink und Silber sehr weit von einander entfernt, und beym Galvanismus oder der Erregung von Muskelcontractionen, Geschmacksempfindung, u. s. w., ganz vorzüglich thätig sind, eben so bringen sie auch in unsern Versuchen, wenn zwey Platten von ihnen einander berühren, eine sehr starke Wirkung hervor, indem ihre auf diese Art erregten Elektricitäten, von denen die des Zinks positiv, die des Silbers hingegen negativ ist, beynahe schon ohne den Duplicator*), durch wenige Umdrehungen desselben, aber in sehr hohem Grade, bemerkbar sind.

§ 67.

Siebenter Versuch.

So bin ich auch vermittelst dieser mit einander in gehöriger Berührung gewesenen Platten von Silber und Zink sehr leicht im Stande, die Rückstände von Elektricität, welche in dem Duplicator gemeiniglich zurückbleiben, [59] und von denen er so schwer zu befreyen ist**), zu zerstören, oder auch in die umgekehrte zu verwandeln. Der Duplicator sey kurz vorher in Thätigkeit gewesen; die Elektricität der beweglichen Scheibe z. B. sey positiv, die der unbeweglichen negativ, und bis zu mehreren Graden gestiegen gewesen, und ein Theil von ihr sey aus den Scheiben an die Isolatoren derselben übergetreten, und an ihrer Oberfläche hängen geblieben. Wenn ich durch Berührung mit den Fingern oder andern Körpern,

*) Man sehe die vorige Anmerkung. *V.*
**) Man sehe die Anmerkung zu § 60. *V.*

oder dadurch, dass ich den Duplicator einige Minuten in Ruhe liess, die Elektricität der Scheiben so weit reducirt habe, dass sie sich an dem Elektrometer durch kein Zeichen mehr unmittelbar, wohl aber nach 4, 5, oder mehr Umdrehungen, zu erkennen giebt, so kann ich diese rückständige Elektricität nach Belieben aufheben oder auch in die entgegengesetzte verwandeln, d. i., in der beweglichen Scheibe, welche noch etwas positive Elektricität zurückhielt, die negative, und in den unbeweglichen, die einen Antheil negativer zurückhielten, die positive hervorbringen, dadurch, dass ich jene bewegliche Scheibe mit einer vorher durch die Berührung mit einer Zinkplatte (negativ) elektrisirten Silberplatte, oder mit diesen unbeweglichen eine auf gleiche Art durch eine Silberplatte (positiv) elektrisirten Zinkplatte, zusammenbringe, oder noch besser dadurch, dass ich, nachdem ich die Scheiben mit diesen Platten berührt habe, die Maschine in Bewegung setze, und sie eine mässige Anzahl Umdrehungen machen lasse.

[60]

§ 68.

Achter Versuch.

Nehme ich zwey Platten von Metallen, zwischen denen nur eine geringe Verschiedenheit Statt findet, oder was gleichviel ist, die in der gedachten Scale nur um wenige Grade von einander entfernt sind, wie z. B. Silber und Messing, Messing und Eisen, Eisen und Bley oder Zinn, so gelingt es mir nicht, die durch die wechselseitige Berührung beyder erregten Elektricitäten bemerklich zu machen, wenn ich nicht den Duplicator vorher durch die erforderlichen Berührungen und eine stundenlange Ruhe von seiner vorigen Elektricität befreyt habe, und selbst dann sind noch eine Menge Umdrehungen, 20, 40, z. B. und mehr, dazu nöthig.

§ 69.

Neunter Versuch.

Aber auch mit Platten von Silber und Zink erhält man keine sonderliche und keineswegs so beträchtliche Wirkung, wie der siebente Versuch verspricht, wenn der wechselseitige Contact beyder nicht in ihrer ganzen Oberfläche, oder wenig-

stens einem grossen Theile derselben, sondern bloss in einer geringen Fläche, oder wohl gar nur an den Seiten, Statt hatte. Man darf dann nicht erwarten, durch sie die dem Duplicator nach einer kurzen Ruhe noch zurück gebliebene Elektricität in die entgegengesetzte verwandeln zu können, da in diesem Fall die letztere die noch übertrift, welche jene Platten erhalten haben können. Selbst, wenn man [61] nach einer Ruhe des Duplicators nach vielen Stunden glauben kann, dass nun jedes Residuum von der vorigen Elektricität aus ihm verschwunden sey, selbst dann wird man diese neue Elektricität jener Platten erst durch viele Umdrehungen der Maschine, durch 30, 40, z. B. und mehr, einigermassen bemerklich machen können.

§ 70.

Zehnter Versuch.

Eben so schwach ist die erhaltene Elektricität, wenn zwar beyde Platten in ihren ganzen Flächen sich berühren, diese aber in einem beträchtlichen Grade rauh und uneben sind. Sind diese im Gegentheil ganz glatt und eben, und, worauf ebenfalls viel ankommt, recht rein und polirt, so ist die zu erhaltende Wirkung über Erwarten gross. Die Elektricität, mit welcher die Metallplatten eine solche Berührung verlassen, lässt sich ganz ohne Beyhülfe des Duplicators bemerklich machen, in dem man sich dazu des blossen Condensators bedient, wie ich an einem andern Ort zeigen werde*).

§ 71.

Aus allem diesem ersieht man, dass, je ausgedehnter [62] die Berührung der beyden verschiedenen Metalle, und je grösser die Anzahl von Punkten ist, in der sie geschieht, auch die Menge elektrisches Fluidum, welches sich in dem einen auf Kosten des andern anhäuft, um so grösser sey. Dies hat mich auf die Vermuthung gebracht, dass diese leichtere und stärkere Anhäufung des genannten Fluidums in dem Zinn z. B., und die ihr entsprechende Abnahme desselben in

*) Ja selbst auch ohne diesen lässt sie sich, wie ich vorhin (§ 63. Anm.) schon erwähnt habe, an einem hinlänglich empfindlichen Elektrometer unmittelbar wahrnehmen. *V.*

dem Silber, nicht sowohl von der grossen Anzahl der Berührungspunkte, als von der Ausgedehntheit und der Nähe der gegen einander gebrachten Flächen, herrühre, vermöge deren, indem sich (den bekannten Wirkungen der elektrischen Atmosphären zu Folge), die entgegengesetzten Elektricitäten einander das Gleichgewicht halten und sich gegenseitig binden (sostenendosi), die eine Platte eine grössere Menge elektrisches Fluidum aufnehmen, und eben so die andere eine grössere Menge verlieren könne, bis die Intensität oder Spannung der Elektricität (tensione elettrica) den Grad erreicht hat, bey welchem sie von der sehr geringen Cohibenz der Metalle (piccolissima coibenza de' metalli) nicht mehr zurückgehalten werden kann.

Wir wollen annehmen, (und vielleicht werde ich zeigen können, dass diese Annahme der Wahrheit sehr nahe kommt), dass diese Cohibenz der Metalle, welche überhaupt, wie bekannt, weit mehr Leiter als Nichtleiter (coibenti) sind, $\frac{1}{200}$ Grad des Elektrometers mit feinen Strohhalmen betrage*). Diesemnach werden [63] das Silber und der Zink bey ihrer wechselseitigen Berührung, (vermöge welcher das elektrische Fluidum aus dem einen in das andere übertritt), wobey sie isolirt sind, soviel Verlust auf der einen und Zuwachs auf der andern Seite erleiden können, als dazu gehört, den gegenseitigen

*) Eigentlich und an sich erreicht die Cohibenz der Metalle, die ich ihre ursprüngliche (originaria) nennen will, und unter der ich den Widerstand verstehe, welchen jene Metalle dem Übergang des elektrischen Fluidums aus dem einen in das andere, wenn bey ihrem wechselseitigen Contact sich keine andere Kraft weiter entwickelt, indem wegen der Gleichartigkeit derselben dabey keine erregende Potenz (potenza motrice), und folglich auch keine von ihr herrührende Wirkung, Statt hat, einzig dadurch entgegensetzen, dass ihr Leitungsvermögen einigermassen unvollkommen ist. Bloss da also, wo jene erregenden Potenzen einer vorhandenen Heterogeneität der Metalle zu Folge, eine wirksame Action entwickeln, und diese in den sich berührenden Oberflächen beyder Körper in dem elektrischen Fluidum eine Störung des Gleichgewichts hervorzubringen und zu unterhalten sucht, nur da wird das Leitungsvermögen derselben bis auf den Grad vermindert, oder ihre Cohibenz so weit erhöht, dass sie, wie wir angenommen haben, $\frac{1}{100}$ Grad erreicht; eine Höhe, zu der sie indess nur bey der Berührung sehr verschiedener Metalle gelangt, indem bey andern minder von einander verschiedenen diese erhöhte Cohibenz, die ich, zum Unterschied von der ursprünglichen, die zufällige (accidentale) nennen werde, verhältnissmässig kleiner seyn muss.

V.

Ueberfluss und Mangel an Elektricität bis auf $\frac{1}{200}$ Grad zu bringen, und nicht mehr. Zu diesem $\frac{1}{200}$ Grad nun ist eine weit grössere Menge von elektrischem Fluidum erforderlich, wenn, wie oben in unserm Fall, die beyden Körper, welche entgegengesetzte [64] Elektricitäten haben, die einander auf diese Art das Gleichgewicht halten und sich gegenseitig binden, in grossen Flächen und recht nahe an einander gebracht sind, als wenn dies nicht, oder nur in geringem Grade und unvollkommen, Statt hat. Daher kommt es, dass das Silber eine weit grössere Menge von elektrischem Fluidum verliert, und folglich auch der Zink weit mehr erhält, wenn sie auf diese Art an einander gebracht sind, als wenn sie einander in einem Winkel oder in geringer Fläche, berühren, und dass sie, wenn sie hierauf getrennt werden, eine Elektricität von nicht mehr $\frac{1}{200}$, sondern von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad zeigen, und wer weiss, ob man nicht noch dahin gelangen wird, sie auf 1 ganzen Grad und noch höher zu bringen?*)

§ 72.

Ueberhaupt schien es mir, dass diese Phänomene vorzüglich auf den Principien des Condensators, (bey denen ich mich hier nicht aufhalten darf, da sie Ihnen bekannt genug sind,) beruhen, und dass dies besonders der Grund sey, warum eine ausgedehnte und genaue Zusammenbringung der Metallplatten mit Flächen, die so glatt und eben als möglich sind, so vortheilhaft sey, nemlich, dass das Ganze mehr an der Nähe dieser Flächen, als auf der grössern Menge ihrer Berührungspunkte unter einander, beruhe. Dies waren [65] gleich von Anfange meine Gedanken, zu deren Bestätigung ich folgende Versuche anstellte.

§ 73.

Eilfter Versuch.

Ich nehme eine recht glatte und ebene Silberplatte, in der sich drey kleine Löcher befinden, die ganz durch dieselbe hindurch gehen, und durch ihren gleich grossen Abstand von

*) Dass mir dies wirklich gelungen sey, wird sich bey anderer Gelegenheit zeigen. *V.*

einander ein gleichseitiges Dreyeck bilden. In diese Löcher bringe ich von unten auf drei kleine Schräubchen, die gleichfalls von Silber sind, dergestalt, dass ihre Spitzen kaum $\frac{1}{10}$ Linie, oder nach Gefallen auch mehr oder weniger, über die vollkommen glatte und ebene obere Fläche der Platte hervorstehen. Auf diese silberne Platte nun bringe ich eine gleichfalls recht glatte und ebene andere von Zink. Man bemerkt sogleich, dass beyde Platten in nicht mehr als drey Punkten, in denen nemlich, die durch die Spitzen der drey in der untern, der Silberplatte, befindlichen Schräubchen, gebildet werden, mit einander in Berührung stehen. Beyde ebne Oberflächen derselben aber sind einander sehr nahe, und können sich folglich gegenseitig die Dienste eines Condensators leisten; wirklich aber ist auch die Quantität von elektrischem Fluidum, die sich in der Zinkplatte auf Kosten der Silberplatte anhäuft, und die dadurch in beyden entstandene Elektricität, die bey ersterer positiv, und bey letzterer negativ ist, gross genug, um durch eine mässige Anzahl von Umdrehungen des Duplicators bemerkbar zu werden.

[66] § 74.

Zwölfter Versuch.

Ich vermindere jetzt das Hervorstehen der Schraubenspitzen über die Silberplatte dergestalt, dass zwischen den Flächen beyder Platten ein so kleiner Zwischenraum übrig bleibt, dass er das feinste Papier, und selbst das Licht kaum, hindurch lässt. Nun aber sind auch die Elektricitäten, welche beyde Metallplatten unter diesen Umständen erhalten, der grössern Nähe ihrer Oberflächen gemäss, beträchtlicher, als im vorigen Versuch, und stehen denen nicht sonderlich nach, welche jene erhalten, wenn man die Schräubchen völlig zurückgezogen hat, und beyde Flächen einander durchaus berühren.

§ 75.

Dreyzehnter Versuch.

Hierauf bringe ich die eine Platte mit der andern in einem Winkel, oder nur mit den äussersten Rändern, oder zwar horizontal, aber nur an einem kleinen Theil des Randes, in

Berührung. Auf diese Art ist die Anzahl der Berührungspunkte ganz gewiss grösser, als in den beyden vorigen Versuchen, in denen sich beyde Platten nur in drey Punkten berührten; dieser zahlreicheren Berührungspunkte ohngeachtet aber ist die Elektricität, welche ich jetzt erhalte, da hier nicht die grosse und ausgedehnte Näherung der ebenen Flächen beyder Platten Statt hat, die zur Condensation der Elektricität erforderlich ist, bey weitem schwächer, als [67] in den vorigen Versuchen, so dass ich weit mehr Umdrehungen des Duplicators anwenden muss, um sie bemerklich zu machen.

§ 76.

Wenige Punkte wirklicher Berührung äussern also, wenn sie mit einer Menge andern in Verbindung stehen, die sich einander sehr nahe befinden, eine stärkere Wirkung, als jeder grössere Contact, wo aber die einander gegenüber befindlichen Oberflächen um vieles kleiner, oder einander nicht in dem Grade genähert sind. Eben so ist es erwiesen, dass, obgleich durchaus eine wirkliche Berührung der verschiedenen Metalle unter einander erforderlich ist*), um in ihnen das elektrische Fluidum in Bewegung zu setzen, und zu verursachen, dass das eine dasselbe verliert, indess das andere es aufnimmt, doch wenige Punkte, in denen dieselbe Statt hat, dazu hinlänglich sind, und dass, wenn eine ausgedehntere Berührung eine grössere Wirkung hervorbringt, dies nicht sowohl von der grössern Anzahl der Berührungspunkte, in und durch welche jene Metalle zu Erregern werden, als von den übrigen, die sich nicht berühren, einander aber doch ausserordentlich [68] nahe sind, und die beyden Metallplatten in den Stand setzen, einander auf die vortreflichste Weise die Dienste eines Condensators zu leisten, herrühre.

Berühren sich daher meine Platten oder andern Metallscheiben heterogener Art in grossen Flächen, so sind sie

*) Ich habe indess einigen Grund zu der Vermuthung, dass auch ohne alle wirkliche Berührung die blosse Nähe der beyden Flächen zweyer verschiedener Metalle schon hinreichend sey, um in ihnen einige wenige Elektricität hervorzubringen. Fernere Versuche, die ich mir hierüber anzustellen vorgenommen habe, werden im Stande seyn, diese Vermuthung zu bestätigen oder zu widerlegen. *V.*

Excitatoren (Erreger) und Condensatoren zugleich; berühren sie sich hingegen nur unter einem Winkel, oder auf eine andere Art so, dass sie sich nur kleine, oder auch grosse, nur einander nicht genug genäherte Oberflächen, darbieten, so wirken sie bloss als Excitatoren, und wenig oder gar nicht, als Condensatoren. Hieraus erklärt sich, warum der Effect im ersten Fall so gross, im letzten hingegen so gering, ist, wie man findet, wenn man den Erfolg der oben beschriebenen Versuche 3 u. s. w., und vorzüglich 7, 9 und 10 u. f., mit einander vergleicht.

§ 77.

Ich gehe jetzt weiter, um durch directe Versuche zu erweisen, was ich oben (§ 56.) bereits erwähnt habe, nemlich, dass die Metalle ihre Eigenschaft, durch Berührung mit andern, vorausgesetzt nur, dass sie verschiedener Art sind, das elektrische Fluidum in Bewegung zu setzen, es abzugeben oder aufzunehmen, u. s. w., ebenfalls auch äussern, wenn sie mit feuchten, oder mit Leitern der zweyten Klasse in Berührung kommen; nur dass unter diesen Umständen der Grad, mit dem es geschieht, im Allgemeinen, und wenn man sie mit wässrigen, oder vom Wasser wenig verschiedenen Leitern, zusammen bringt, weit geringer ist, als unter jenen.

[69] Ich sage: im Allgemeinen, und wenn die Leiter, die man mit den Metallen in Berührung bringt, rein oder fast rein wässriger Art sind; denn die elektrische Action, welche sich bey der Berührung einer Menge salziger Flüssigkeiten, vorzüglich gewisser Säuren, mit gewissen Metallen, und der concentrirten Alkalien mit fast allen Metallen, erzeugt, ist häufig stärker und ausgezeichneter, als die, welche die wechselseitige Berührung zweyer wenig von einander verschiedenen Metalle hervorbringt, wie die hierüber bereits an ihrem Orte (§ 23. und 24.) erzählten Versuche zeigen, in denen ein entweder unvollkommen präparirter, oder nur in schwachem Grade erregbarer Frosch, den man auf die gewöhnliche Art in zwey Gläser mit Wasser gebracht hat, in Ruhe bleibt, wenn man den Kreis mit zwey solcher wenig verschiedenen Metalle, wie Silber und Kupfer, Messing und Eisen, u. s. w., schliesst, da er im Gegentheil heftig bewegt wird, wenn man beyde Gläser durch einen Bogen aus bloss einem Metall, z. B. aus Eisen allein, oder aus Zinn allein, verbindet, an dessen eines Ende

man etwas starkes Salzwasser, Salpetersäure, oder Alkaliauflösung gebracht hat.

§ 78.

Ich beschränke mich also auf die Leiter der wässrigen oder diesen nahe kommenden Art, und wähle dazu grünes Holz, feuchtes Leder, feuchtes Papier, mit Wasser getränkte Ziegeln oder andere Steine poröser Natur. Alle diese Körper bringe ich einzeln und isolirt mit Platten von Silber, Messing, Zinn, Zink, u. s. w., in Berührung, trenne diese hierauf von jenen, und nehme [70] dann, wie gewöhnlich, den Duplicator zu Hülfe. So finde ich, dass sie alle von ihrem elektrischen Fluidum verloren haben, oder eine negative Elektricität erhalten haben. Diese negative Elektricität ist indessen sehr geringe, vorzüglich beym Zink, und bey weitem kleiner als die, welche eine Platte Silber, die man an eine von Zinn applicirt, oder auch als die, welche dieses Zinn erhält, wenn man es mit einer Platte Zink verbindet, geschweige denn als die, welche jenes erste Metall bey der Berührung mit diesem letzten erhält. Diese Elektricität der Metallplatte, die mit einer von jenen feuchten Materien in Berührung stand, ist, die Platte sey übrigens von Zink, Zinn, Silber, oder von welchem Metall sie wolle, so klein, dass, um sie entdecken zu können, der Duplicator von aller fremden Elektricität befreyt seyn muss, (welches, wie wir gesehen haben, nur durch eine lange Ruhe desselben zu erhalten ist), und selbst dann sind noch eine Menge Umdrehungen erforderlich, um sie bis zu einem bemerkbaren Grade zu verstärken.

§ 79.

Ich darf nicht unterlassen, in Rücksicht dieser Versuche noch die Bemerkung zu machen, dass es gut, ja dass es selbst nothwendig sey, dass der Leiter der zweyten Klasse, als Holz, Leder, Papier, Elfenbein, u. s. w., mit denen man jene Metallplatten in Berührung bringt, zwar bis zu einem gewissen Grade, so weit nemlich, dass sie dadurch zu guten Leitern werden, feucht seyen, dass sie dies indess nicht in zu hohem Grade seyn dürfen, so dass das Metall, was mit ihnen in Berührung kommt, davon ganz nass wird, weil, [71] wenn im letzten

Fall bey der Trennung der Platte von dem feuchten Leiter, eine Schicht oder Ueberzug von Wasser an ihrer Fläche hängen bleibt, es nicht mehr das Metall ist, was sich von dem wässrigen Leiter trennt, sondern sich bloss Wasser von anderem Wasser, ein homogener Leiter von dem andern, trennt, sich unter solchen Umständen aber keine Elektricität zeigen kann, so wenig, als sich in einer Silberplatte welche zeigen könnte, die man an mehrere über einander gelegte Blättchen Zinn brächte, von denen bey der Wegnahme der Silberplatte eines an dieser hängen bliebe.

§ 80.

Ich habe kaum nöthig, zu erinnern, dass aus denselben Gründen die Platte eben so wenig einige Elektricität zeigen kann, wenn man sie mit dem Wasser selbst in Berührung bringt und wieder davon trennt, nicht etwan darum, als ob durch diesen Contact das elektrische Fluidum nicht in Bewegung gesetzt würde, und das Metall keines an das Wasser, mit dem es in Berührung ist, abgäbe; welches letztere vielmehr um so leichter und reichlicher geschieht, je ausgedehnter und vollkommener diese Berührung ist; sondern, weil bey der Trennung der Platte vom Wasser, diese eine Schicht davon mit sich wegnimmt, die genau so viel Ueberschuss von elektrischem Fluidum enthält, als der Mangel desselben in der berührten Fläche des Metalls beträgt.

§ 81.

So liegt auch hierin noch der Grund, warum die Oberflächen der Metallplatten recht trocken seyn müssen, wenn man dadurch, dass man die eine von ihnen [72] mit der andern in Berührung bringt, und sie darauf wieder trennt, einen merklichen Grad von Elektricität erhalten will.

§ 82.

Wenn jene Stücke Papier, Leder, Stein, Holz, u. s. w., statt zu feucht zu seyn, es zu wenig, und auf diese Art als sehr unvollkommene oder solche Leiter, die den Schlag der Leidner Flasche nicht durchzulassen im Stande sind, sich mehr

der Natur der Nichtleiter (coibenti), oder der durch Reiben elektrisirbaren Körper, nähern, so kann die Berührung solcher Körper mit Metallplatten in letztern einen Grad von Elektricität hervorbringen, der den übertrift, welchen diese Platten durch die Berührung unter einander erhalten, so verschieden von einander sie auch seyn mögen; und noch stärker ist dieselbe, wenn man, statt bey der einfachen Berührung stehen zu bleiben, sie stark gegen einander drückt, stösst oder reibt; auch wird die Elektricität, die diese Metallplatten durch Drücken, Stossen, u. s. w., mit solchen nicht hinlänglich feuchten Körpern erhalten, nun nicht jederzeit mehr negativer Art, wie es der Fall ist, wenn diese Körper gehörig feucht sind (§ 78.), sondern in einer Menge von Fällen positiver Beschaffenheit, seyn.

Das Weitere von diesen Versuchen*) würde mich [73] in-

*) Ich werde bey einer andern Gelegenheit eine lange Reihe von Versuchen über die Art und den Grad von Elektricität erzählen, welche Platten von verschiedenen Metallen, durch die blosse Zusammenbringung (semplice applicazione) ohne beträchtlichen Druck, durch die Zusammenbringung mit starkem Druck (pressione), durch den Stoss (percossa), durch Reiben (strofinamento), in Flächen oder an den Rändern, mit verschiedenen Arten von Nichtleitern oder sogenannt idioelektrischen Körpern, mit Halbleitern (semicoibenti), mit Körpern, die mehr Leiter als Nichtleiter sind, mit allmählig immer vollkommenern Leitern, und endlich mit andern ihres Gleichen, d. i., indem man eine Platte Metall mit einer andern, aus einem von jenem verschiedenen Metalle bestehenden, zusammenbringt, erhalten; über welche letztere Art, so viel ich auch in gegenwärtigem Briefe bereits über sie gesagt habe, noch vieles zu sagen übrig bleibt. Diese Reihe von Versuchen liefert Resultate, die eben so sonderbar als neu sind; einzeln genommen würden viele derselben keiner Regel unterworfen, und eben so viele Anomalien zu bilden scheinen, durch ihre Zusammenstellung aber ist es mir gelungen, sie auf gewisse Gesetze zurückzuführen.

Die vorzüglichsten dieser Gesetze oder allgemeinen Resultate sind:

1) Dass diese Elektricitäten, welche diese Metalle mit einem jeden von jenen Körpern erhalten, der Art sowohl als dem Grade nach verschieden sind, nicht bloss nach der Verschiedenheit dieser oder jener, sondern auch, nachdem sie auf die eine oder die andere der angezeigten Arten mit einander zusammengebracht werden.

2) Dass das Silber, das Zinn, und mehrere andere Metalle, im Allgemeinen die negative Elektricität erhalten, oder in dem grösten Theile dieser Versuche minus elektrisch werden: während im Gegentheil einige andere, vorzüglich der Zink, eine positive Elektricität erhalten, oder plus elektrisch werden.

3) Dass sie alle, selbst der Zink, minus elektrisch, obgleich nur in sehr schwachem Grade, werden, wenn sie mit leichtem oder

dess zu sehr von meinem Gegenstande abführen; ich behalte es mir daher für einen andern Ort vor.

---

starkem Druck an Tuch, Papier, Leder, Holz, Elfenbein, u. s. w., gebracht werden, die hinlänglich feucht sind, um gute Leiter zu seyn.

4) Dass starkes Drücken der Metallplatte, welcher Art sie auch sey, gegen diese Körper, wenn sie mehr zu viel als zu wenig feucht sind, und eben so Stossen oder Reiben, nicht merklich mehr bewirkt, als die einfache, bloss von einem gelinden Druck, der hinreicht, um eine genaue Berührung hervorzubringen, begleitete Zusammenbringung, indem nemlich das Metall davon nur einen sehr schwachen Grad von Elektricität erhält (3.).

5) Dass auch bey den Metallen die einfache Zusammenbringung, die blosse Berührung, alles thut, so dass daher hier jeder Druck oder Reibung überflüssig ist.

6) Dass im Gegentheil bey minder feuchten Körpern, und in dem Verhältniss, als sie sich mehr der Natur der Nichtleiter nähern, ein stärkerer Druck der Metallplatte gegen sie, zur Erregung der Elektricität im Allgemeinen wirksamer ist, als die einfache Zusammenbringung, oder ein gelinder Druck; dass man durch Stossen die Wirkung noch mehr verstärkt, die stärkste aber durch Reiben hervorgebracht wird.

7) Dass der Unterschied der Wirkungen nach der Verschiedenheit der Art der Application am stärksten ausfällt bey Metallplatten, wenn man sie mit wahren oder vollkommenen Nichtleitern zusammenbringt; so dass keine oder fast keine Elektricität erregt wird durch die einfache leichte Zusammenbringung der Metallplatte z. B. mit einer Scheibe Glas, Schwefel, u. s. w., eine starke durch Drücken, eine weit stärkere noch durch Stossen, und die allerstärkste endlich durch Reiben beyder gegen einander.

8) Dass übrigens die einfache Berührung der Metalle mit solchen Körpern, die keine völligen Nichtleiter sind, aber auch nicht zu vieler Feuchtigkeit wegen in zu hohem Grade leiten, d. h., mit solchen, die ich mit dem Nahmen Halbleiter belege, in diesen Metallen mehr oder weniger eine negative Elektricität: dass der Druck hingegen in ihnen eine schwächere negative, ja bisweilen sogar eine positive Elektricität hervorbringt; dass beym Stoss diese Neigung der Metalle zur positiven Elektricität entschiedener, und dass sie noch entschiedener ist bey dem Reiben beyder Körper gegen einander, vorzüglich an den Rändern.

So wird z. B. eine Silberplatte, die man mit einem Stück Papier zusammenbringt, das weder zu trocken, noch zu feucht ist, bey der einfachen Berührung ohne merklichen Druck 1 Grad $E-$, bey einem mässig starken Druck ebenfalls noch 1 bis 2 Grade $E-$, beym Stoss weniger als 1 Grad $E-$, oder gar keine, oder auch einige Grade von $E+$, und beym Reiben constant $E+$, und zwar 3, 4, oder mehr Grade derselben, erhalten. Eine Zinkplatte erhält unter gleichen Umständen bey der einfachen Berührung weniger als 1 Grad $E-$, beym Druck 2 bis 3 Grade $E+$, durch Stossen 4 bis 6 Grade ebenfalls $E+$, und durch Reiben endlich 10, 12, und noch mehr Grade derselben $E+$. *V.*

[76] III.

In meinem zweyten im August vorigen Jahres an Sie geschriebenen Briefe, habe ich Ihnen bloss einen Theil von den Versuchen mitgetheilt, mit deren Hülfe es mir gelungen ist, die durch die einfache Zusammenbringung und wechselseitige Berührung zweyer verschiedener Metalle unter einander erregte Elektricität, auch an minder empfindlichen Elektrometern bemerkbar zu machen, diejenigen nemlich, welche ich bis dahin mit Zuziehung des *Nicholson*'schen Duplicators angestellt hatte; ich habe daselbst (§ 57. und 70.) nur flüchtig erwähnt, dass ich auch mit meinem einfachen Condensator der Elektricität das nemliche bewirkt habe. Ich will Sie daher zum Beschluss der Abhandlung über meinen Gegenstand noch mit dem andern Theile dieser Versuche, welche ich seit jener Zeit beträchtlich erweitert und vervollkommnet habe, so wie mit andern noch weit einfacheren, durch welche ich vor kurzem dahin gelangt bin, von den mit einander in Berührung gestandenen Metallen geradezu Zeichen von Elektricität zu erhalten, ohne mich dazu selbst des Condensators zu bedienen*), [77] unterhalten; Versuche, die um desto klärer und entscheidender sind, je einfacher sie sind.

§ 83.

Man hat zu diesen Versuchen nichts weiter nöthig, als Platten von verschiedenen Metallen, wie ich sie bereits im vorigen Briefe (§ 63.) beschrieben habe, und ein *Bennet*'sches Elektrometer mit Streifen des feinsten Goldblatts, (wiewohl auch ein Elektrometer mit zarten Strohhalmen**) dazu tauglich,

*) Man vergleiche die Anmerkungen zu den §§ 63. 70. und 71. *V.*

**) Die Beschreibung dieser Elektrometer mit Strohhalmen, welche ich mit Vortheil an die Stelle der Pendel von feinem Messingdrath, an deren Enden sich Kügelchen von Hollundermark

d. h., empfindlich genug seyn kann): zu den übrigen gehört ausserdem noch eine kleine Leidner Flasche und ein kleiner Condensator; zu letzterem kann sehr bequem eine von jenen Platten, und ein Stück Wachstuch dienen, an welches man erstere gehörig applicirt. Um bey den einfachsten anzufangen, wiederhole man die Versuche des bereits angeführten § 63. und der folgenden 64., 65., und 66., nur mit dem einzigen Unterschied, dass man keine der mit einander in Berührung gestandenen Platten nach ihrer Trennung mehr mit dem Duplicator, den wir von jetzt an ganz weglassen wollen, sondern sogleich unmittelbar mit dem Kopf oder Hut eines sehr empfindlichen Elektrometers in Berührung bringt; die [78] Pendel desselben, die Goldblättchen, werden etwas divergiren, und damit einige Elektricität anzeigen, welche positiv oder negativ seyn wird, nach der Natur des Metalls, welches man untersucht, und des andern, mit dem dies vorher in Berührung stand, wie dies bereits im vorigen Briefe weiter auseinander gesetzt worden ist.

§ 84.

Diese Divergenz ist, wenn die Umstände günstig sind, nicht so klein, dass man etwa die Augen anstrengen müsste, um sie zu erkennen; sie ist keinesweges zweydeutig, wenn auch das Elektrometer nicht das empfindlichste ist; kurz, sie ist grösser, als ich geglaubt hatte, sie erwarten zu dürfen. Mit zwey Platten, einer von Silber und einer von Zink, die beyde recht glatt sind, und sich gehörig dergestalt berühren, dass sie merklich mit einander cohäriren; die ich ferner, ehe ich sie zur wechselseitigen Berührung bringe, recht gut mit Löschpapier u. s. w. abreibe, um sie ganz trocken, rein und glatt zu machen; die ich in die möglichst genaueste Berührung unter einander setze, und darauf auf einmal und senkrecht von einander trenne; mit solchen Platten und unter Anwendung einer solchen Aufmerksamkeit, und wenn sich auch das Übrige in guter Ordnung befindet, d. h., wenn die Isolation dieser Platten und des Elektrometers vollkommen, und die Luft ganz trocken ist, glückt es mir, die Goldblättchen gleich aufs erste Mal,

---

befanden, gebracht habe, kann man in meinen Briefen über die elektrische Meteorologie, nachsehen, die in den Journalen des Hn. *Brugnatelli* abgedruckt sind. *V.*

d. h., durch eine einzige Berührung der Silber- oder Zinkplatte mit dem Hute des Elektrometers, gleich nachdem ich sie aus einander genommen habe, um mehr denn eine Linie, darauf zwey, ja bis auf drey gute Linien, durch zwey, [**79**] drey oder vier Berührungen mit der Platte nemlich, divergiren zu machen; hat das Elektrometer mit der Platte einen gleichen Grad von Elektricität erlangt, so ist es unnütz, die Berührungen desselben mit dieser noch ferner zu wiederholen.

§ 85.

Eine so beträchtliche Elektricität, durch blosse einfache Berührung verschiedener Metalle erhalten, ist in der That etwas Bewundernswürdiges, und alle Sachverständige, denen ich diesen Versuch zu zeigen Gelegenheit hatte, sind darüber erstaunt. Er hat noch den Vortheil, dass man, da die Divergenz der Pendel des Elektrometers so gross ist, durch die bekannten Hülfsmittel leicht entdecken kann, welcher Art die Elektricität bey den verschiedenen Metallen, ob nemlich positiv oder negativ, sey. Auf diese Weise findet man die des Silbers negativ, indem sich die Pendel des Elektrometers, dem man sie mitgetheilt hat, einander nähern oder weiter von einander entfernen, nachdem man ihm eine geriebene Glas- oder Siegellackstange nähert; und umgekehrt die des Zinks positiv, da die Divergenz bey der Annäherung der Glasstange zunimmt, bey der Siegellackstange hingegen abnimmt, u. s. w.

§ 86.

Ich habe (im vorigen Briefe, § 64.) bereits bemerkt, dass, wenn die übrigen Umstände gleich bleiben, man mehr Elektricität erhält, wenn man, statt die beyden Metalle, während sie mit einander in Berührung stehen, isolirt zu halten, es so einrichtet, dass [**80**] das eine von ihnen mit dem Boden communicirt, um auf diese Art die Dienste eines Condensators vollkommner verrichten zu können, dessen Principien, wie ich oben (§ 72. u. f.) gezeigt habe, in diesen Versuchen wirklich Statt haben. Durch ein solches Verfahren bringe ich die Divergenz der Goldblättchen des *Bennet*'schen Elektrometers (§ 84.) bis auf 2, 3 Linien, und unter günstigen Umständen auch noch etwas höher, und die meines Elektrometers mit feinen Stroh-

halmen fast bis auf 1 Linie*). Bey dem Verfahren nach der andern Art hingegen, wo ich beyde Platten isolirt halte, kann ich diese Divergenz nur bis auf die Hälfte, und kaum so hoch bringen, welches mit dem übereinstimmt, was ich im vorigen Briefe (§ 63. und 64.) von ähnlichen Versuchen erzählt habe.

§ 87.

Einen allgemeinen Grund hiervon, und welcher zur Erklärung jenes Factums hinreichen könnte, giebt uns die Theorie des Condensators an die Hand, welche, (wie ich in den angeführten §§. des vorigen Briefes gezeigt habe), in den Versuchen mit zwey verschiedenen Metallplatten allerdings Statt hat, und welcher zu Folge es erforderlich ist, dass die untere Platte nicht isolirt sey, wenn die obere die grösstmöglichste Menge Elektricität zu fassen im Stande seyn soll. Ich halte es [81] indess nicht für unnütz, wenn ich hier eine genauere und unserm Falle angemessenere Erklärung davon gebe. Zuerst mache ich bemerklich, dass, wenn die Metalle, in sofern sie Erreger (motori) der Elektricität sind, die elektrische Flüssigkeit zur Bewegung reitzen, und, sobald sie zur gegenseitigen Berührung kommen, dieselbe zu einer Art von aufgehobenem Gleichgewicht bestimmen, und nöthigen, aus dem Silber z. B. nach dem Zink über zu treten, und in diesem sich auf Kosten des erstern anzuhäufen, sie auf der andern Seite, in sofern sie Leiter (conduttori) der Electricität sind, nicht so bald durch diese Aufhebung des Gleichgewichts einige elektrische Intensität (tensione elettrica) erhalten haben, als sie dieses elektrische Fluidum wieder zurückzubringen und in das vorige Gleichgewicht zu versetzen streben. Aus diesen beyden entgegengesetzten Kräften muss ein Maximum, eine Grenze, für die Anhäufung des elektrischen Fluidums in dem einen der sich berührenden Metalle sowohl, als für die Verdünnung desselben in dem andern, hervorgehen. Wir wollen annehmen, dass diese Grenze bey der vollkommensten Berührung einer Silberplatte mit einer andern von Zink eintrete, wenn der Unterschied in der gegenseitigen Dichtigkeit des elektrischen Fluidums gleich 2 geworden ist. Sind beyde Platten

*) Das Elektrometer mit Goldblättchen, und das mit Strohhalmen, dessen ich mich bediene, ist so eingerichtet, dass das erste genau 4 Mal empfindlicher ist, als das zweyte. *V.*

während ihrer Berührung isolirt, so wird sich diese Grenze einfinden, sobald das Silber 1 verloren, und der Zink 1 erhalten hat, womit wirklich die Differenz oder Aufhebung des Gleichgewichts, und dadurch die Tendenz, es wieder herzustellen, gleich 2 werden wird; die Elektricität also, welche jedes dieser beyden Metalle, nachdem sie von einander getrennt werden, zeigen, [82] und die beym Silber negativ, beym Zink hingegen positiv seyn wird, wird nicht grösser als 1 seyn können. Ist hingegen bloss der Zink isolirt, und das Silber mit der Erde in Verbindung gesetzt, in welchem Fall letzteres aus der Erde nach und nach immer soviel elektrisches Fluidum wiedererhält, als es an den Zink abgiebt, so wird es ihm bis zur genannten Quantität, nemlich bis 2, davon abtreten können, dass also die positive Elektricität, welche dadurch dieser Zink erlangt, = 2 seyn wird. Lässt man im Gegentheil den Zink ohne Isolation, und isolirt bloss das Silber, so wird ersterer, indem er alles das elektrische Fluidum, welches er aus letzterem erhält, an den Boden absetzt, letzterem bis zur angezeigten Menge gleich 2 davon entziehen, und dieses nach aufgehobener Berührung eine negative Elektricität = 2 zeigen können.

§ 88.

Es ist leicht, diese Erklärung auf andere Verbindungen von verschiedenen Metallen anzuwenden, wenn man nur hierbey daran denkt, dass die erregenden Kräfte (forze motrici), (welche, sie haben ihren Grund in einer Anziehung oder einer Abstossung gegen das elektrische Fluidum, oder in was für einer Kraft es auch wolle, sich doch zuletzt immer in einen Impuls auflösen, den jenes Fluidum erhält), bey jeder derselben, wie ich schon an vielen Stellen dieser Briefe erwähnt habe, merklich verschieden sind; so dass in Verbindung mit ihrem Leitungsvermögen (facoltà conduttrice), welches man bey allen fast gleich gross annehmen kann, daraus für jede der verschiedenen Verbindungen von Metallen ein verschiedener Grad der [83] Aufhebung des Gleichgewichts der elektrischen Flüssigkeit, u. s. w., hervorgeht. Setzt man daher den Grad der Aufhebung dieses Gleichgewichts bey Silber und Zink = 2 (s. d. vorig. §.), so wird er nur = 1, oder etwas drüber oder drunter seyn, bey Silber und Zinn, und Zinn und Zink; er wird ohngefähr = $\frac{1}{2}$ seyn bey Silber und Messing,

Messing und Eisen, und Eisen und Zinn; bey andern noch weniger in Rücksicht ihrer erregenden Kräfte verschiedenen, als bey Gold und Silber, wird er $= \frac{1}{4}$, und noch geringer, seyn; bey noch anderen Verbindungen endlich wird diese Entfernung vom Gleichgewicht ganz klein oder unschätzbar, $= 0$ aber nur dann seyn, wenn die Metalle durchaus in jeder Rücksicht, z. B. in der Art, der Temperatur, der Politur u. s. w., einander völlig gleich sind, unter welchen Umständen keine Wirkung Statt hat, indem die auf beyden Seiten einander vollkommen gleichen erregenden Kräfte sich gegenseitig das Gleichgewicht halten, und verursachen, dass beyde mit einander verbundene Metalle sich wie blosse Leiter verhalten, und auch nach der vollkommensten wechselseitigen Berührung nicht die mindeste Elektricität zeigen.

§ 89.

Bis hierher nahm ich an, dass die Berührung der beyden Metalle in sehr grossen, ganz ebenen, trocknen und glatten Oberflächen, und so genau, als nur irgend möglich ist, geschehe; ferner, dass sie von einander auf einen Zug und senkrecht getrennt würden, indem man nemlich ihre Flächen so lange unter einander parallel erhält, bis die Trennung vollendet, und sie weit genug von einander entfernt sind. Nur unter [84] Beobachtung dieser Vorsicht, und wenn die übrigen Umstände recht günstig sind, und das Wetter trocken ist, damit die nöthigen Isolationen in vollkommenem Zustande bleiben, alles Dinge, die ich oben (§ 84.) bereits als nöthig vorgeschrieben habe: nur unter solchen Umständen erhalte ich aus meinen Metallen wirklich so starke Grade von Elektricität, als ich angegeben habe. Sind diese Bedingungen nur einigermassen mangelhaft, so gelingt es mir nicht mehr, die Blättchen des *Bennet*'schen Elektrometers auf drey, ja fast nicht einmal mehr auf zwey Linien, divergiren zu machen: und so nach Verhältniss auch bey den übrigen Metallen. Wenn man auch alle mögliche Sorgfalt und Aufmerksamkeit darauf verwendet, so gelingt es demohngeachtet nicht, die Berührung beyder Platten immer gleich vollkommen zu bewerkstelligen, wie der bald stärkere, bald geringere, und oft ganz fehlende Zusammenhang beyder beweisst, den man beym Auseinandernehmen derselben gewöhnlich zu bemerken pflegt; daher kommt es, dass die Metalle nach ihrer Trennung das eine Mal oft einen

ganz andern Grad von Elektricität zeigen, als das andere; dass beyde, die Silber- und die Zinkplatte, selten so viel Elektricität erhalten haben, dass davon die Blättchen des *Bennet*'schen Elektrometers bis zu 3 Linien divergirten; dass diese oft nur um 2 Linien aus einander gehen, u. s. w. Sind die Flächen der Platten beträchtlich uneben, rauh oder schmutzig, so dass sie bey ihrer Zusammenbringung nicht merklich cohäriren, so wird es öfters geschehen, dass die Silber- und die Zinkplatte nur so viel Elektricität erhalten, dass davon die Goldblättchen des Elektrometers nur um 1 oder 1½ Linien bewegt werden; geringer wird diese [85] Divergenz seyn, wenn man die eine Platte auf die andere nur zur Hälfte, oder zu einem noch kleineren Antheil ihrer Flächen, bringt; und noch geringer wird sie seyn, wenn man sie gar nicht mehr parallel, sondern unter einem Winkel, oder nur in wenigen Puncten, an einander bringt; wenn die Berührung bloss an den Rändern Statt hat; oder wenn eine solche Berührung im Winkel oder der blossen Ränder bey der Trennung beyder Platten dadurch entsteht, dass man die eine gegen die andere neigt, oder diese Trennung sonst auf eine schlimme Art geschieht: in allen diesen Fällen werden dergleichen Zink- und Silberplatten nach ihrer Trennung so schwache Elektricitäten zeigen, dass sie dem empfindlichsten Elektrometer kaum einige oder gar keine Zeichen davon, mittheilen: viel weniger werden unter ähnlichen Umständen minder von einander verschiedene Platten, u. s. w., dergleichen geben.

§ 90.

Der Grund davon, warum so viel darauf ankommt, dass die Berührung der beyden Platten in so vielen Punkten, und so genau, als möglich, geschehe, und man die Flächen der gleichen, ebenen und reinen Platten auf die bestmöglichste Art mit einander verbinde, ist der, dass, indem sich die entgegengesetzten Elektricitäten in zwey auf solche Art zusammen gebrachten Metallplatten auf gewisse Art aufheben (compensandosi), (und dies um so besser, je ausgedehnter die Flächen, in denen sie sich berühren, und je näher sie einander sind), dieselben sich gegenseitig binden (sostengono), dergestalt, dass sie beyde an Menge zunehmen können, ohne einander zu vernichten: wie ich [86] dies aus den bekannten Principien und Gesetzen der Wirkung der elektrischen Atmosphären und ihrer

besondern Anwendung auf den Condensator, bereits im vorhergehenden Briefe (§ 71—76.) erklärt habe.

§ 91.

Wir nahmen dort an, dass die sehr geringe Cohibenz, welche das zwischen zwey sich berührenden Metallen aus dem Gleichgewicht gesetzte elektrische Fluidum zurückhalten kann, und es in dem Zink, in dem es vermöge der blossen Berührung mit dem Silber angehäuft wird, wirklich zurückhält, so dass es aus jenem in dieses nicht wieder zurückfliesst; wir nahmen an, sage ich, dass diese Cohibenz $\frac{1}{200}$ Grad gleich sey. Diese bereits in der Anmerkung zu § 71. des vorigen, und in § 87. des jetzigen Briefes einigermassen erörterte Sache, die ich hier in ein noch etwas helleres Licht zu setzen wünschte, reducirt sich darauf, dass aus der Zusammensetzung der erregenden und der leitenden Kräfte, von denen die letztern bey allen Metallen ziemlich dieselben, die erstern aber bey jedem derselben verschieden sind, eine gegebene bestimmte elektrische Kraft oder Intensität von Elektricität resultirt, deren eine gegebene Verbindung zur wechselseitigen Berührung gebrachter Metalle fähig ist, und die mit ihrem Leitungsvermögen bestehen kann, welches in diesem Conflict einigermassen eingeschränkt oder geschwächt wird, und so einem gegebenen Grade von zufälliger Cohibenz Platz macht, die weit grösser ist, als die natürliche oder ursprüngliche Cohibenz dieser Metalle, d. i., als die, welche diesen Metallen zukommt, wenn sie mit andern ihres gleichen zusammen sind, wobey [87] keine erregenden Kräfte zugleich thätig sind. Ein solches Gleichgewicht zwischen den erregenden Kräften, d. i. denen, welche das elektrische Fluidum der sich berührenden Körper in dem einen auf Kosten des andern anzuhäufen streben, und den leitenden Kräften, d. i. denen, welche allen gegenseitigen Ueberschuss oder Mangel wieder aufzuheben suchen; ein solches Gleichgewicht beyder Kräfte, sagen wir, hat zwischen Silber und Zink, wenn man mit diesen den Versuch anstellt, Statt, wenn die elektrische Intensität $\frac{1}{200}$ Grad, welches das Resultat aus der Zusammensetzung jener Kräfte ist, erreicht hat.

§ 92.

Nun setze man, wie ich es zu thun pflege, die Menge von elektrischer Kraft, welche eben anfängt, einem Elektrometer mit, drey gute Zoll langen und sehr feinen Strohhalmen, bemerklich zu werden, und die Spitzen der letztern um $\frac{1}{2}$ Linie*), die Goldblättchen [88] des *Bennet*'schen Elektrometers aber, welches, ob es gleich noch beweglicher und empfindlicher seyn könnte, dies doch sehr genug ist, wenn es viermal empfindlicher, als jenes mit sehr langen und feinen Strohhalmen, ist, um 2 Linien divergiren macht; diese Menge von elektrischer Kraft, sage ich, setze man gleich 1 Grad: diesem nach werden die positiven und negativen Elektricitäten, welche Platten von Zink und Silber nach ihrer wechselseitigen Berührung erhalten, wenn sie die Goldblättchen an *Bennet*'s Elektrometer um 2 und 3 Linien divergiren machen, wie sie es unter günstigen Umständen wirklich thun (§ 84. 86 89.), 1 und $1\frac{1}{2}$ jener Grade gleich seyn. Wenn aber die Cohibenz der genannten Metalle, oder besser, die elektrische Intensität, deren sie fähig sind, nur $\frac{1}{200}$ Grad gleicht (s. d. vorig. §), wie war es möglich, dass ihre Elektricität bis zu einem ganzen Grade und darüber gelangte? Wie konnten diese Metalle bey ihrer wechselseitigen Berührung eine so grosse und starke Elektricität zurückhalten?

§ 93.

Die Beantwortung dieser Fragen, die auf den ersten Anblick unauflösbar scheinen, und eine der grössten Paradoxien in der Elektricitätslehre bilden, findet sich in dem, was ich

*) So fein auch diese Strohhalme sind, und so nahe sie auch an einander hängen, ohne sich zu berühren, so wird doch nicht viel fehlen, dass der Zwischenraum zwischen beyden schon an sich $\frac{1}{2}$ Linie betrage; ist also jene Elektricität nicht wenigstens so stark, dass sie die Strohhalme um diese Weite von einander zu entfernen vermag, so wird sie für dieses Elektrometer nicht bemerkbar seyn. Berühren die Strohhalme bey ihrem natürlichen Herabhängen einander, so wird ihre wechselseitige Adhäsion es kaum zulassen, dass eine Elektricität von $\frac{1}{2}$ Linie und selbst drüber, sie in den Zustand der Trennung versetzte; daher müssen sie zwar sehr nahe und parallel hängen, sich aber keineswegs berühren.
V.

in dieser Rücksicht bereits im Vorigen gesagt habe. Man darf sich bloss daran erinnern, dass beyde mit ihren glatten Oberflächen in gehörige Berührung gebrachte Metallplatten, sich gegenseitig die Stelle eines Condensators vertreten, dergestalt, dass ein Quantum von Elektricität, zu Folge welcher die eine oder andere Platte nach der Trennung 1, $1\frac{1}{4}$ [39] bis $1\frac{1}{2}$ Grad Kraft zeigt, vorhin, als diese Platten noch in gegenseitiger Berührung standen, so viel von ihrer Intensität verlor, (und sie wird dies auch jetzt noch, wenn man diese Platten von neuem auf dieselbe Art mit einander verbindet), dass diese auf einen höchst kleinen Bruch eines Grades, auf $\frac{1}{100}$ ohngefähr, $\frac{1}{150}$ bis $\frac{1}{200}$, zurückgebracht wurde, je nachdem die Condensation auf 100, 200, 300 Male oder mehr, stieg.

§ 94.

Ich hatte bereits gefunden, dass ein guter gewöhnlicher Condensator, der in einer mässig ebenen, keinesweges sehr geglätteten metallenen Platte oder (scudo, Schild) und einer Platte von Marmor, oder einem andern ähnlichen Halbleiter, die eben so wenig vollkommen eben gemacht ist, welche Platten daher nur mässig gut, also gar nicht aufs beste, an einander schliessen, dass ein solcher Condensator unter günstigen Umständen schon mehr, als 100 Mal condensire, und über 150 Mal ein anderer, dessen ich mich häufig mit grossem Vortheil bediene, und der in einer Art von Handschuh aus feinem Wachstuch, (welches aber alt seyn muss, damit es nicht zu klebrich, aber auch nicht zu alt seyn darf, damit es nicht ein zu schlechter Leiter, oder ein Nichtleiter, sey), besteht, welchen, nachdem ich ihn an die Hand gezogen habe, ich unmittelbar und mit einem mässigen Drucke, an eine Platte von drey Zoll im Durchmesser bringe, welche sich auf dem Hute des Strohhalm- oder des Goldblättchen-Elektrometers befindet. So finde ich, dass, je besser sich eine Fläche an die andere anschliesst, und je genauer ihre Berührung mit derselben ist, je mehr werden beyde, unter übrigens [90] gleichen Umständen, geschickt, die Function des Condensators zu verrichten, vorzüglich innerhalb der Grenzen einer sehr schwachen Intensität. Es ist daher weder unmöglich, noch unwahrscheinlich, dass bey unsern vollkommen ebnen Metallplatten, wenn sie sich mit ihren grossen, reinen und trocknen

Oberflächen berühren, die Condensation nicht auf 200 Mal und drüber, vielleicht bis auf 300 Mal steige, in Rücksicht einer Elektricität, die in ihrer grössten Stärke unter 2 Grad bleibt.

§ 95.

Nimmt man nun die letzte Grösse, d. i., 300, für die Grösse der Condensation an, wenn man vermittelst der vollkommensten und besten Berührung, und unter sonst günstigen Umständen, in der Zink- oder Silberplatte nach der Trennung eine Elektricität von $1\frac{1}{2}$ Grad, oder die das *Bennet*'sche Elektrometer auf 3 Linien divergiren macht (§ 92.), erhält, (welches beynahe das höchste ist, was ich habe erhalten können), so wird man finden, dass die elektrische Kraft oder die Intensität der Elektricität, während der wirklichen Berührung, nicht mehr als $\frac{1}{200}$ Grad betrug. Aber dies übertrift das Maximum der Intensität nicht, welches aus der Zusammensetzung der erregenden und leitenden Kräfte resultirt; und so sieht man, wie jene in den feuchten Metallplatten, ihres leitenden Vermögens ohngeachtet, gebunden und zurückgehalten werden konnte, welches letztere den ihm entgegen wirkenden erregenden Kräften bis zu jenem Grade nachgeben musste, und so als mit einem gewissen Grade von Cohibenz verbunden, zu betrachten war; eine Cohibenz, die [91] mehr zufällig, als ursprünglich, und überhaupt weit grösser, als diese, ist; welches alles mit dem übereinstimmt, was ich bereits an mehr als einem Orte gesagt und weiter aus einander gesetzt habe (s. § 71. u. 72. des vorigen, und § 87. und 91. des gegenwärtigen Briefes).

Geht die Condensation nicht höher als bis 200, oder nur bis auf 150, welches sich vielleicht der Wahrheit, (wenigstens, wenn die sich deckenden Flächen der Platten nicht ganz gleich und eben, glatt und polirt, und nicht auf die beste Art mit einander in Berührung gebracht sind), mehr nähert, und erreicht die Elektricität, welche man erhält, nur 1 Grad, d. i., macht sie die Goldblättchen des Elektrometers um nicht mehr als 2 Linien divergiren, so wird es hinreichend seyn, die Cohibenz dieser Metalle $\frac{1}{200}$, oder mehr noch, sie $\frac{1}{150}$ Grad gleich zu setzen.

§ 96.

Diese Cohibenz der Metalle ist, auch wenn man sie noch etwas grösser, ja wenn man sie selbst zu $\frac{1}{100}$ Grad annehmen wollte, von so geringer Bedeutung, dass ihre Zulassung keinen Schwierigkeiten unterworfen seyn kann, selbst wenn man diese Grösse für die der ursprünglichen annehmen wollte; um wie viel weniger also wird man eine solche Cohibenz dem Leitungsvermögen jener Metalle widersprechend finden können, wenn man sie als zufällige, d. i., als Resultat aus dem Conflict dieses Leitungsvermögens mit den ihm entgegenwirkenden erregenden Kräften, die bey der Berührung der Metalle in Thätigkeit gesetzt werden, zu betrachten hat (vergl. die angeführten §§).

[92] § 97.

Aus dem, was ich im Vorigen über die Kräfte der Condensatoren, in Rücksicht dessen nemlich, wie durch ihre Vermittelung eine so grosse Anhäufung von Elektricität zu Stande kommen kann, sowohl, als was ich über das Maximum der elektrischen Intensität, welches bey dem Contact zweyer Metalle, aus der Zusammensetzung der erregenden und leitenden Kräfte resultirt, und der ihm correspondirenden Cohibenz entspricht, mit der diese Intensität im Gleichgewicht steht, welches Maximum wir bey der Berührung des Silbers und Zinks unter einander $= \frac{1}{200}$ Grad gesetzt haben (§ 91. u. f.); aus dem, sage ich, was ich im Vorigen über beyde gesagt habe, wird nun klärer und deutlicher werden, was ich oben (§ 89. 90.) schon einigermassen erörtert habe, nemlich: wie und warum, wenn die genannten Platten von Silber und Zink nicht ganz eben sind, oder schlecht an einander anschliessen; wenn sich bey der Berührung in nur wenigen Punkten ausserdem nicht wenigstens noch eine Menge anderer oder sehr ausgedehnte Flächen einander äusserst nahe sind; wenn sie sich bloss unter einem Winkel berühren, oder nur in einem kleinen Theil über einander liegen; sie unter solchen Umständen nach der Trennung eine Elektricität, die weit geringer ist, als die bisher beobachtete, die nicht $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$ Grad erreicht, und kaum für das empfindlichste *Bennet*'sche Elektrometer bemerkbar ist, oder auch dies nicht einmal kann, wenn man nicht vorher den Duplicator des Hn. *Nicholson* auf die

in dem vorigen Briefe beschriebene, oder auch meinen Condensator, auf die Art, wie ich es bald angeben werde, zu Hülfe nimmt. Das nemliche ist [93] es, wenn beyde Metallplatten mit vollkommen reinen platten und trocknen Flächen zwar aufs beste an einander anschliessen, man sie aber in dem Augenblick, als man sie aus einander nimmt, gegen einander neigt, oder sie eine auf der andern hinzieht, und die Zahl der Punkte der Berührung oder grossen Nähe, und die Flächen, die einander ganz nahe sind, einen Augenblick vorher, ehe die Trennung vollendet ist, sehr klein sind. Man sieht leicht ein, dass unter solchen Lagen und Umständen, die Elektricität in weit geringerem Grade condensirt werden muss, als wenn beyde Metalle in ausgedehnten Oberflächen an einander gebracht, und sich, wenn auch nicht in allen, doch in vielen Punkten, berühren, indess eine Menge anderer sich einander sehr nahe befinden, und man dieselben in diesem Zustande bis zur Trennung erhält, die man schnell und so vornimmt, dass die gegenseitigen Oberflächen bey derselben einander beständig parallel bleiben: unter solchen ungünstigen Umständen, sage ich, kann die Verdichtung nicht etwa noch auf 200, 150 oder 100 Mal, sondern kaum auf 10 bis 15 Mal, gehen: und ginge sie auch bis 20 Mal, so ist aus dem Vorigen klar, dass die Elektricität, welche die Platte ihr zu Folge zurückhalten, und nach ihrer Trennung von der andern zeigen wird, demohngeachtet nicht grösser, als $\frac{1}{20}$ Grad seyn kann, und daher selbst dem empfindlichsten *Bennet*'schen Elektrometer unbemerkbar bleiben muss.

§ 98.

Kommen beyde Metalle in noch weniger Punkten zusammen, wie wenn eine Kugel, der Rand einer Platte, oder das Ende eines Draths von dem einen Metall, [94] mit einer Kugel, u. s. w., von dem andern, in Berührung ist, so wird, da hier die Condensation nach Verhältniss der wenigen Berührungs- und Näherungspunkte zwischen beyden Metallen entweder gleich Null, oder nur äusserst geringe ist, die Elektricität, welche letztere nach einer solchen Berührung zeigen können, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{100}$ Grad, oder wenig mehr, betragen und folglich so gering seyn, dass man sie kaum mit Hülfe des Duplicators, geschweige denn des Condensators, wird entdecken können.

§ 99.

Noch weit schwieriger wird es seyn, die Elektricität, die durch dergleichen Berührungen, die in so wenig Punkten Statt haben, unter einem Winkel geschehen, u. s. w., bemerklich zu machen bey solchen Metallen, die in Hinsicht ihrer erregenden Kräfte minder von einander verschieden sind, als Zink und Silber, und bey denen, wenn sie sich gegenseitig berühren, die Intensität, welche aus diesen erregenden Kräften und ihrem Leitungvermögen resultirt, und folglich auch die relative oder zufällige Cohibenz, weit kleiner, als $\frac{1}{200}$ Grad, z. B. nur $\frac{1}{400}$, $\frac{1}{600}$ bis $\frac{1}{1000}$ Grad, gleich ist, wie dies bey Zinn und Zink, Silber und Eisen, Silber und Messing, u. s. w., der Fall ist.

§ 100.

In allen den Fällen nun, wo entweder wegen der zu geringen Verschiedenheit der beyden mit einander verbundenen Metalle, oder weil die Flächen, in denen sie sich berühren, nicht gross genug sind, oder [95] anderer ungünstiger Umstände wegen, die Elektricität, welche diese Platte nach der Trennung zeigt, zu klein ist, um sich am empfindlichsten *Bennet*'schen Elektrometer unmittelbar zu erkennen zu geben, oder sich untersuchen zu lassen, welcher Art, ob positiv oder negativ, sie sey, indem sie die Goldblättchen desselben kaum um 1 Linie und noch weniger, oder ganz und gar nicht divergiren macht: in diesen Fällen sage ich, wo die Elektricität, die man untersuchen will, kaum $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$ Grad, und noch weniger, beträgt, wird man sie demohngeachtet sehr bemerklich machen können, wenn man dazu entweder den Duplicator, wovon ich im vorigen Briefe weitläuftig gehandelt habe, oder meinen einfachen Condensator, auf die Art, wie ich es jetzt genauer beschreiben werde, zu Hülfe nimmt.

§ 101.

Ich habe oben (§ 83.) schon erwähnt, dass ausser den Metallplatten, man zu diesen Versuchen nichts nöthig habe, als eine kleine Leidner Flasche, und ein Stück Wachstuch, oder eine andere halbleitende Fläche, auf das oder auf die man

eine von den Metallplatten dergestalt bringt, dass sie die Dienste eines Condensators leistet. Die zu diesen Versuchen anzuwendende Leidner Flasche darf, wenn der Durchmesser der Platte ohngefähr 3 Zoll beträgt, nicht über 4 bis 6 Quadratzoll Belegung haben. Bey den Versuchen selbst verfahre ich auf folgende Weise.

§ 102.

Ich lade die Leidner Flasche auf dieselbe Art, wie man es zu thun pflegt, wenn man sie durch einen [96] Elektrophor ladet. Ich bringe die Metallplatte, deren Elektricität ich kennen lernen will, und die ich isolirt habe, mit der andern, die nicht isolirt seyn darf, sondern mit dem Boden in Verbindung stehen muss, in Berührung, trenne sie darauf, berühre damit den Hacken der Flasche, und wiederhole dies 20 bis 30 Mal. Betrug die Elektricität der Platte, durchschnittlich $\frac{1}{4}$ Grad, so wird die Ladung der Flasche durch diese 20 bis 30 Berührungen auf $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$ Grad kommen*). Dies aber ist schon hinlänglich, damit die auf das Wachstuch applicirte Platte, wenn man, (ganz auf dieselbe Art, wie bey den gewöhnlichen Versuchen mit dem Condensator), die so geladene Flasche gegen dieselbe entladet, und dann letztere geschwind vom Wachstuch aufhebt, eine Elektricität zeige, die 2 bis 3 Grade stark ist, also sehr gut hinreicht, die Strohhalme meines Elektrometers um 1 Linie und drüber, und folglich die Goldblättchen des *Bennet*'schen Elektrometers um 4 bis 6 Linien divergiren zu machen.

Auf dieselbe Art erhalte ich eine Elektricität von 4, 6, 8 oder mehr Graden, indem ich die Flasche mit 40, 60, 80 oder mehr Berührungen lade, und übrigens ganz wie vorhin verfahre.

---

*) Man begreift leicht, dass in dem Maass, in welchem die Zahl der Berührungen wächst, auch die Ladung der Flasche steigen, und sich immer mehr dem $\frac{1}{4}$ Grade nähern wird, welchen die geladene Platte besitzt, ohne jedoch jemals diesen wirklich erreichen zu können. *V.*

[97] § 103.

Es ist mir übrigens leicht, aus den Graden von Elektricität, welche ich aus der geladenen Flasche durch eine gegebene Anzahl von Berührungen mit der gedachten Platte, oder richtiger, aus dem Condensator, in welchen ich jene auf die angeführte Art entlade, erhalte, zu berechnen, welchen Grad oder Bruch eines Grades sie jedesmal in der Platte ohngefähr erreichte, dass sie mit der andern mit dem Boden in Verbindung stehenden, in Berührung gebracht und davon getrennt wurde. Ich will dies durch einige Versuche erläutern. Ich nehme zwey Platten, von denen die eine aus Silber, die andere aus Zink besteht, und die beyde recht eben und glatt sind; diese bringe ich, während nur die eine von ihnen isolirt ist, mit einander in Berührung, trenne sie gehörig, und untersuche, wie stark die Elektricität ist, die die isolirte Platte dadurch erhalten hat, d. h., wie gross die Divergenz ist, welche sie in den Goldblättchen des *Bennet*'schen Elektrometers hervorbringt; finde ich nun z. B., dass diese im Ganzen, oder durchschnittlich zwey Linien beträgt, welche Grösse ich oben (§ 92.) 1 Grad gleich gesetzt habe, so untersuche ich, wie viele Male ich die Berührung dieser Platte mit der andern nicht isolirten, die Trennung davon, und darauf die Entladung derselben gegen den Hacken der Flasche, wiederholen muss, um letztere so weit zu laden, dass sie mit Hülfe des Condensators die Goldblättchen des nemlichen Elektrometers um eben so viel divergiren macht; wie oft ich es thun muss, um sie um das Doppelte, Dreyfache, u. s. w., divergiren zu machen, oder mit [98] einem Wort, wie viele solcher Berührungen erforderlich sind, um 1, 2, 3, oder mehr Grade von Elektricität zu erhalten. Wir nehmen an, dass 3 Berührungen dazu gehören, um die Flasche so weit zu laden, dass sie mit Hülfe des Condensators eine Elektricität giebt, die der gleicht, welche die Platte ohne Flasche noch Condensator für sich allein zeigt, und welche 1 Grad beträgt; dass 6 Berührungen erforderlich sind, um eine doppelte Wirkung oder eine Elektricität von 2 Grad, 9 Berührungen, um eine von 3 Grad, zu erhalten, u. s. w. Hierauf stelle ich den Versuch mit andern Platten, (die, der Genauigkeit des Calculs wegen, von gleicher Grösse seyn müssen), an, mit Platten, die für sich allein oder unmittelbar geprüft, keine bemerklichen Zeichen

von Elektricität geben, und indem ich finde, dass ich nach so und so vielen Berührungen der Flasche mit ihnen, aus dem Condensator, in welchen ich sie auslade, eine so und so grosse Elektricität erhalte, urtheile ich, dass die in der Platte um so viele Male kleiner als diese war, als der Quotient ausmacht, welchen ich erhalte, wenn ich die obige Anzahl von Berührungen durch 3 dividire.

Wäre also z. B. die Zahl der Berührungen, mit der die Flasche geladen wurde, gleich 90, und die Elektricität, welche der Condensator, der Entladung dieser Flasche in ihn zu Folge, gab, 5 Grade stark gewesen, (welche Elektricität schon zu gross ist, als dass sie durch das Goldblättchen-Elektrometer einer genauen Messung fähig wäre, die man daher besser durch das Strohhalm-Elektrometer schätzt), so würde [**99**] ich daraus schliessen, dass die Elektricität, mit der die Platte aus der jedesmaligen Berührung mit der andern kam, gegen 30 Mal schwächer, als jene vermittelst des Condensators erhaltene, folglich $\frac{1}{6}$ Grad stark gewesen sey, nur versteht sich, dass dies nicht von jedem Male, sondern durchschnittlich gerechnet, gemeint seyn könne, weil die Berührung und Trennung beyder Metalle, welche nicht jedesmal gleich gut ausfällt, verursacht, dass die nemliche Platte dieselbe bald mit mehr bald weniger Elektricität verlässt.

§ 104.

Die Annahme (s. d. vorig. §), dass 6, 9, ... Berührungen mit der Flasche erfordert werden, um die Flasche so weit zu laden, dass sie dem Condensator eine 2, 3, ... Mal stärkere Elektricität mittheilt, als die ist, welche die Platte für sich zeigen könnte, stimmt sehr nahe mit den Resultaten der Versuche zusammen, die ich mit Platten von ohngefähr 3 Zoll Durchmesser, Flaschen von etwa 5 Quadratzoll Belegung, und einem Condensator, der aus einer der vorigen gleichen oder etwas grössern Platte, und einem Stück Wachstuch, mit welchem jene aufs beste verbunden ist, besteht, anstelle. Uebrigens versteht sich von selbst, dass, so wie sich diese Dimensionen, welche ich nach verschiedenen Versuchen im Ganzen als die besten befunden habe, merklich ändern, auch der Calcul nicht mehr derselbe seyn kann: vorzüglich ist dies der Fall, wenn

die Kapacität der Flasche beträchtlich grösser ist; es sind dann weit [**100**] über 6 Berührungen, d. i., 8, 10, u. m., erforderlich, um die Elektricität zu verdoppeln.

So werden dazu ebenfalls mehr erfordert, wenn die Flasche und der Condensator in schlechtem Zustande sind, oder man sonst die Versuche nicht mit aller erforderlichen Aufmerksamkeit anstellt. Ich glaube daher, für einen mittlern Zustand der Dinge mich der Wahrheit mehr zu nähern, wenn ich die ursprüngliche Elektricität der Platte, d. i., die, welche sie bey der Berührung mit der andern erlangt, und bey der Trennung mit hinweg nimmt, im Durchschnitt und so viele Male kleiner als die, welche der Condensator nach der Entladung der Flasche in ihn zeigt, schätze, als der Quotient ausmacht, den man erhält, wenn man die Zahl der Berührungen, durch welche diese geladen wurde, statt mit 3, mit 4 dividirt. Erhält man also durch eine Ladung von 80 Berührungen nur gegen 2 Grade Elektricität, (indem entweder die sich berührenden Metalle nur wenig von einander verschieden sind, oder auch die Zusammenbringung oder Berührung selbst in keinen grossen Flächen Statt hat), so wird, wenn man diese Zahl 80 durch 4, und darauf mit dem Quotient 20 die erhaltenen 2 Grade, dividirt, man die ursprüngliche Elektricität der Platte, d. i., die, welche sie im Durchschnitt, gerechnet, bey der Trennung von der andern, mit sich hinwegnimmt, gleich $\frac{1}{10}$ Grad finden.

[**101**] § 105.

Beträgt die durch den wechselseitigen Contact zweyer Metalle, die entweder wenig unter einander verschieden sind, oder sich nur in wenigen Punkten berühren, erzeugte Elektricität, nicht oder kaum $\frac{1}{50}$ Grad, so wird man sie nach der beschriebenen Methode sowohl noch bemerklich machen, als ihrer Grösse nach ohngefähr schätzen können, und zwar sicherlich besser, als durch den Duplicator, von dem ich im vorigen Briefe (s. vorzüglich die Anmerkung zu § 60.), gezeigt habe, wie leicht er Ungewissheiten und Anomalien unterworfen ist. Es ist in dieser Hinsicht hinlänglich, die Flasche mit 100 Berührungen der Platte, deren Elektricität man kennen lernen will, zu laden; hierdurch werden wir mit Hülfe des Condensators diese Elektricität immer gegen 25 Male vergrössern, und

folglich $\frac{1}{2}$ Grad erhalten können, welcher hinreicht, um an dem *Bennet*'schen Elektrometer bemerkbar zu werden, indem er die Goldblättchen desselben um eine gute Linie divergiren macht (§ 92.).

§ 106.

Man kann demnach fast alle Versuche dieser Art ohne Beyhülfe des Duplicators, mit Anwendung meines einfachen Condensators, (wie ich gleich zu Anfange sagte), anstellen, vorzüglich wenn man sich zum Condensator des Handschuhs von Wachstuch bedient, welchen man an die Hand zieht, und unmittelbar und mit mässigem Druck an eine hinlänglich grosse, [**102**] auf dem Hute des Elektrometers befindliche Metallplatte bringt, in welche man darauf die Elektricität der Flasche treten lässt, u. s. w. Dieser einfachere und in der Anwendung bequemere Condensator, den ich bereits anderswo*) beschrieben, und auch in diesem Briefe (§ 94.) näher erwähnt habe, leistet mir mehr, als irgend ein anderer. Bloss also in solchen Fällen, wo man durch eine Ladung der Flasche von 100, selbst von 150 Berührungen, und mit Hülfe des besten Condensators, die Elektricität, welche ein Metall bey der Berührung mit einem andern, entweder sehr wenig von ihm verschiedenen, oder was nur in kleiner Fläche mit ihm zusammengebracht ist, nicht mehr bemerklich machen kann, in solchen Fällen bloss ist man genöthigt, den Duplicator zu Hülfe zu nehmen, der, wie wir im vorigen Briefe gesehen haben, auch Elektricitäten, die noch unter $\frac{1}{200}$ Grad sind, bemerklich zu machen im Stande ist.

§ 107.

Es bedarf keiner weitläuftigen Erklärung, um deutlich zu machen, dass, damit die isolirte Metallplatte durch ihre wiederholten Berührungen die Flasche laden könne, sie, so oft sie wieder mit der andern von ihr [**103**] verschiedenen Platte zusammenkommt, von neuem Elektricität erhalten können müsse, und dass daher die letztere keinesweges isolirt seyn dürfe, sondern, wie ich (§ 102.) bereits angegeben habe, mit dem

*) S. meine Briefe über die elektrische Meteorologie in der »Biblioteca Fisica d'Europa« des Hrn. *Brugnatelli* *V.*

Boden, oder, wie ich noch zeigen werde, mit einem andern schicklichen Recipienten, in Verbindung stehen müsse, damit sie sich mit diesem ganz oder grösstentheils wieder ins Gleichgewicht setzen, d. i., nach ihrer und der andern Natur, entweder das verlorene elektrische Fluidum aus ihm ersetzen, oder das erhaltene an ihn abgeben kann, so oft sie von jenem getrennt wird, um dadurch in den Stand gesetzt zu werden, jenem nach Umständen entweder neues Fluidum zu geben, oder zu entziehen, so oft sie mit demselben von neuem in Berührung kommt.

§ 108.

Ein solcher hinlänglich tauglicher Recipient kann eine zweyte Leidner Flasche seyn, wenn sie gleich nur wenige Zolle Belegung hat, und bey weitem kein so grosser Recipient ist, als die Erde. Man isolirt auch die zweyte oder untere Platte, die ohngefähr die nemliche Grösse hat, als die obere, durch eine mit Siegellack überzogene Glassäule, oder auf andere Art, und bringe sie mit dem Hacken oder der innern Belegung einer solchen Flasche in Verbindung, deren äussere Belegung mit dem Boden communicirt: ist dies geschehen, so bringe man mit dieser Platte, welche fest bleibt, die andere bewegliche zusammen, trenne sie davon, beydes mit der gewöhnlichen Sorgfalt und zu wiederholten [**104**] Malen, und bringe sie nach jeder solchen Trennung mit dem Hacken der andern Flasche in Berührung, welche man in der Hand hält, wie in den vorigen Versuchen. Auf diese Weise werden beyde Flaschen geladen werden, und zwar wird die Ladung der einen die entgegengesetzte von der andern seyn; jede dieser Flaschen wird nach wenigen Berührungen mit Hülfe des Condensators, (vorzüglich des oben [§ 94. und 106.] erwähnten Handschuh-Condensators,) auf die gewöhnliche Weise, die Elektricität, welche sie von ihrer Platte erhalten hat, am Elektrometer hinlänglich bemerkbar machen: ist z. B. die eine Platte von Messing, die andere von Zinn, so wird die Flasche, welche mit dem ersten in Verbindung stand, am Elektrometer Zeichen von negativer Elektricität, die andere hingegen, welche mit dem Zinn communicirte, Zeichen von positiver Elektricität, geben.

§ 109.

Ich habe kaum nöthig, zu sagen, dass man, wenn man will, auch nur die Flasche, welche mit der untern Platte in Verbindung steht, laden kann; man darf hierzu die obere Platte, nach jedesmaliger Trennung von der andern, bloss durch schickliche Berührungen von ihrer hierdurch erhaltenen Elektricität befreyen. Kurz, es giebt ein Verfahren, eine Flasche an der obern Platte, ein anderes, sie (mit der entgegengesetzten Elektricität) an der untern, und endlich eine, zwey Flaschen zugleich, die eine an der obern, die andere an der untern [105] Platte, zu laden. Ich glaube, diese verschiedenen Methoden hinlänglich genug beschrieben zu haben, um mich dabey nicht weiter aufhalten zu dürfen. Nur das muss ich noch anführen, dass der letztere Versuch, wo sich zwey Flaschen zugleich laden, allen Sachverständigen, denen ich ihn gezeigt habe, mehr denn alle übrigen gefallen hat, und in der That ist er auch eben so sonderbar, als belehrend.

§ 110.

Doch giebt es noch verschiedene, auf welche solche Versuche mehr Eindruck machen, bey denen die Zeichen von Elektricität, welche man erhält, recht stark sind, wo die Elektrometer recht viele Grade angeben, oder ihre Pendel sich zu einem recht grossen Winkel öffnen, und endlich gar gegen die Wände des Glases anschlagen, welches sie einschliesst. Auch diesen Menschen muss ich noch Genüge leisten, ohne mich jedoch auch hier an eine andere, als an die, durch blosse Berührung verschiedener Metalle erregte Elektricität, zu halten, eine Elektricität, welche gewissermassen unter meiner Jurisdiction steht, und welche man mir nicht verweigern wird, sie mit dem Namen: Metallische Elektricität (Elettricita metallica) zu belegen; auch die, sage ich, die so auffallende Zeichen solcher Elektricität begehren, habe ich jetzt noch zu befriedigen; auch den Funken möchten sie verlangen. Doch dazu habe ich nichts weiter nöthig, als eine recht grosse und gleiche Platte Silber, eine dergleichen von Zinn, oder [106] besser von Zink, und eine oder zwey Flaschen, besser jedoch nur eine; diese lade ich auf die angegebene Art, und unter

Beobachtung der nöthigen Sorgfalt, durch eine gute Anzahl der gewöhnlichen Berührungen, d. i., durch 60, 80 bis 100, und entlade diese Flasche in den Scudo eines recht guten Condensators; gleich darauf hebe ich diesen Scudo in die Höhe, und untersuche ihn: er giebt ein Fünkchen von sich, oder versetzt wenigstens die Pendel eines Flaschenelektrometers in eine Divergenz von 6, 8, und mehr Linien.

[403]

Ueber die bei blosser Berührung leitender Substanzen verschiedener Art erregte Elektricität.

Brief an Sir *Joseph Banks*.[1])

Como, den 20. März 1800.

»Nach einem langeń Stillschweigen, das ich nicht versuchen werde zu entschuldigen, habe ich das Vergnügen, Ihnen und durch Sie der Königlichen Gesellschaft einige auffallende Ergebnisse mitzutheilen, zu welchen ich in der Verfolgung meiner Versuche über die Elektricität gelangt bin, die durch die blosse gegenseitige Berührung von Metallen verschiedener Art, und sogar durch die anderer, gleichfalls unter einander verschiedener Leiter, seien sie flüssig oder nur einige Feuchtigkeit enthaltend, welcher sie ihre eigentliche Leitfähigkeit verdanken, hervorgerufen wird. Das Wesentlichste dieser Ergebnisse, welches nahezu alle anderen umfasst, ist die Herrichtung eines Apparates, welcher durch seine Wirkung, d. h. durch die Schläge, welche er in den Armen u. s. w. hervorbringt, einer Leidener Flasche oder vielmehr einer schwach geladenen elektrischen Batterie ähnlich ist, welche aber unaufhörlich wirkt, oder deren Ladung nach jeder Explosion sich von selbst wiederherstellt; welcher, mit anderen Worten, eine unerschöpfliche Ladung, eine beständige Wirkung auf die elektrische Flüssigkeit oder Impulsion besitzt; [404] welcher aber im übrigen völlig von ihr verschieden ist, sowohl durch diese ihm eigenthümliche dauernde Wirkung, wie auch darin, dass der neue Apparat statt wie die gewöhnlichen elektrischen Flaschen und Batterien aus einer oder mehreren isolirenden Platten, oder dünnen Schichten dieser Stoffe, die als die allein elektrischen angesehen werden, belegt mit Leitern oder sogenannten anelektrischen Stoffen, zu bestehen, im Gegentheil ausschliesslich aus mehreren dieser letzteren Stoffe erbaut ist, welche unter den besten Leitern ausgewählt sind, und welche daher

nach allgemeinem Glauben am weitesten von elektrischer Natur entfernt sind. Ja, der Apparat, von dem ich rede, und welcher Sie zweifellos in Erstaunen versetzen wird, ist nichts, als die Anordnung einer Anzahl von guten Leitern verschiedener Art, die in bestimmter Weise auf einander folgen. Dreissig, vierzig, sechzig oder mehr Stücke von Kupfer oder besser Silber, von denen jedes auf ein Stück Zinn, oder viel besser Zink gelegt ist, und eine gleich grosse Anzahl von Schichten Wasser oder irgend einer anderen Flüssigkeit, welche besser leitet, als gewöhnliches Wasser, wie Salzwasser, Lauge u. s. w., oder Stücke von Pappe, Leder u. s. w., die mit diesen Flüssigkeiten gut durchtränkt sind, diese Stücke zwischen jedes Paar oder jede Verbindung von zwei verschiedenen Metallen geschaltet: eine derartige Wechselfolge in stets gleicher Ordnung der drei Arten von Leitern, das ist alles, woraus mein neues Instrument besteht, welches, wie gesagt, die Wirkungen der Leidener Flaschen oder der elektrischen Batterien nachahmt, indem es dieselben Erschütterungen giebt, wie diese, wobei es allerdings weit unterhalb der Wirksamkeit stark geladener Batterien bleibt, was die Kraft und das Geräusch der Explosionen, den Funken, die Schlagweite u. s. w. anlangt; es gleicht nur bezüglich der Wirkung einer sehr schwach geladenen Batterie, die indess eine ausserordentliche Capacität besitzt, übertrifft aber die Kraft und das Vermögen dieser Batterien unendlich darin, dass es nicht wie diese vorher durch fremde Elektricität geladen zu werden braucht, und dass es den Schlag zu geben fähig ist jedesmal, wenn man es passend berührt, wie oft auch diese Berührungen erfolgen mögen.[5])

[405] »Diesen Apparat, der, wie ich zeigen werde, sowohl seinem Wesen nach als auch sogar, wie ich ihn construirt habe, in der Gestalt dem natürlichen elektrischen Organ des Zitterrochens, des Zitteraals u. s. w. viel ähnlicher ist, als der Leidener Flasche und den bekannten elektrischen Batterien, möchte ich ein künstliches elektrisches Organ nennen. Und ist er nicht in der That wie dieses, einzig aus leitenden Stoffen zusammengesetzt? ist er nicht überdies von selbst thätig, ohne jede vorherige Ladung? Ohne die Mitwirkung irgend einer durch irgend eines der bisher bekannten Mittel erregten Elektricität, ohne Aufhören und Ermüden thätig; fähig in jedem Augenblicke je nach den Umständen stärkere und schwächere Schläge zu geben, Schläge, welche sich bei jeder Berührung erneuen, und welche, nach häufiger Wiederholung oder während

einer gewissen Zeit fortgesetzt, dieselbe Betäubung der Glieder hervorbringen, welche der Zitterrochen u. s. w. bewirkt.

»Ich gebe Ihnen hier eine eingehendere Beschreibung dieses Apparates und einiger anderer ähnlicher, sowie die entsprechenden bemerkenswerthesten Versuche.

»Ich verschaffe mir einige Dutzend kleiner runder Platten oder Scheiben aus Kupfer, Messing, oder besser Silber, einen Zoll oder etwas mehr oder weniger im Durchmesser, (z. B. Münzen) und eine gleiche Anzahl Platten von Zinn, oder, was viel besser ist, Zink, von annähernd gleicher Gestalt und Grösse; ich sage annähernd, denn eine Genauigkeit ist nicht erforderlich und die Grösse wie die Gestalt der Metallstücke ist im Allgemeinen willkürlich: man muss nur Acht geben, dass man sie bequem über einander in Gestalt einer Säule ordnen kann. [406] Ich verfertige ausserdem eine genügende Zahl runder Scheiben von Pappe, Leder oder anderem porösem Material, welches fähig ist, viel Feuchtigkeit oder Wasser aufzunehmen oder zurückzuhalten, womit sie gut getränkt sein müssen, damit der Versuch gelingt. Diese Schichten oder Scheiben, welche ich feuchte Platten nenne, stelle ich etwas kleiner her, als die metallischen Platten, damit sie über diese nicht hervorragen, wenn sie in der gleich anzugebenden Weise zwischen sie gelegt sind.

»Wenn ich alle diese Stücke in gutem Zustande zur Hand habe, d. h. die metallischen Platten gut rein und trocken, und die nichtmetallischen gut mit gewöhnlichem Wasser, oder besser mit Salzwasser, getränkt und dann leicht abgetrocknet, damit die Flüssigkeit von ihnen nicht abtropft, so brauche ich sie nur angemessen zu ordnen; und diese Ordnung ist einfach und leicht.

»Ich lege also horizontal auf einen Tisch oder irgend eine andere Unterlage eine der metallischen Platten, z. B. eine von Silber, und auf diese zweite passe ich eine von Zink, hierauf lege ich eine der feuchten Platten, darauf eine zweite Silberplatte, worauf unmittelbar eine von Zink folgt, auf die ich wieder eine feuchte Platte lege. In gleicher Weise fahre ich fort, indem ich stets eine Zinkplatte mit einer von Silber, und zwar stets in demselben Sinne paare, d. h. stets Silber unten und Zink oben, oder umgekehrt, je nachdem ich angefangen habe, und indem ich zwischen jedes dieser Paare eine feuchte Platte lege; ich fahre so fort, sage ich, aus mehreren

dieser Stockwerke eine so hohe Säule zu bauen, als sie sich halten kann, ohne umzufallen.

»Ist sie soweit, dass sie 20 bis 30 Stockwerke oder Paare von Metallen enthält, so wird sie bereits fähig sein, nicht nur am Elektrometer von *Cavallo* mit Hülfe des Condensators Anzeigen über 10 oder 15 Grade zu geben, den Condensator durch einfache Berührung zu laden, so dass er einen Funken giebt u. s. w., [**407**] sondern auch den Fingern, die sie an beiden Enden, dem Kopf und Fuss einer solchen Säule, berühren, einen oder einige kleine Schläge zu geben, die sich wiederholen, wie man diese Berührung erneut; jeder dieser Schläge ist völlig der leichten Erschütterung ähnlich, welche eine schwach geladene Leidener Flasche oder eine noch viel schwächer geladene Batterie oder endlich ein erschöpfter Zitterrochen giebt, welcher noch besser die Wirkungen meines Apparates nachahmt, infolge der wiederholten Schläge, die er ohne Aufhören geben kann.

»Um solche leichte Erschütterungen von dem eben beschriebenen Apparat zu erhalten, der für grössere Wirkungen noch zu klein ist, müssen die Finger, mit welchen man gleichzeitig beide Enden berühren will, feucht sein, so dass die Haut, die sonst nicht genügend leiten würde, gut benetzt ist. Um endlich sichereren Erfolg zu haben und erheblich stärkere Erschütterungen zu erhalten, muss man den Fuss der Säule, d. h. die unterste Platte mittelst einer hinreichend breiten Platte oder eines dicken metallenen Drahtes mit dem Wasser eines ziemlich grossen Gefässes oder Topfes in Verbindung setzen, in welche man einen, zwei oder drei Finger oder die ganze Hand gesenkt hat, während man den Kopf oder das obere Ende (die letzte oder eine der letzten Platten der Säule) mit dem blanken Ende einer gleichfalls metallenen Platte berührt, die man fest in der andern Hand hält, wobei man eine recht grosse Fläche dieser Platte berührt und stark drückt. [**408**] Wenn ich so verfahre, kann ich bereits einen kleinen Stich oder eine leichte Erschütterung in einem oder in zwei Gelenken des in das Wasser des Gefässes getauchten Fingers wahrnehmen, wenn ich mit der in der anderen Hand gehaltenen Platte das vierte, oder selbst das dritte Plattenpaar berühre; berührt man darauf das fünfte, sechste Paar und nach und nach die anderen bis zum letzten, so ist es interessant, wahrzunehmen, wie die Erschütterungen stufenweise an Kraft zunehmen. Und diese Kraft ist derartig, dass ich von einer solchen Säule aus

20 Plattenpaaren (nicht mehr) Schläge erhalte, die über den ganzen Finger gehen und ihn sogar ziemlich schmerzhaft ergreifen, wenn er allein in das Wasser des Gefässes gesteckt ist; welche sich (ohne Schmerz) bis zum Handgelenk und selbst zum Ellenbogen erstrecken; wenn die Hand grösstentheils oder vollständig untergetaucht ist, und welche sich auch im Gelenk der anderen Hand fühlbar machen.

»Ich setzte immer voraus, dass man bei dem Aufbau der Säule alle erforderliche Sorgfalt beobachtet hat, dass jedes Paar der Metalle aus einer Platte von Silber in Berührung mit einer von Zink mit dem folgenden durch eine genügende Feuchtigkeitsschicht verbunden ist, welche besser aus Salzwasser als aus gewöhnlichem besteht, oder durch eine Scheibe von Pappe, Leder oder anderem ähnlichen Stoff, der mit solchem Salzwasser wohl getränkt ist; diese Scheibe sei nicht zu klein, und sei in guter Berührung mit den Oberflächen der metallenen Platten, zwischen denen sie sich befindet.

»Diese genaue und ausgedehnte Berührung der feuchten Platten ist sehr wichtig, während die metallenen Platten jedes Paares sich nur in wenigen Punkten zu berühren brauchen, vorausgesetzt nur, dass die Berührung eine unmittelbare ist.

[409] »Hieraus ergiebt sich (um es im Vorübergehen zu sagen), dass während die Berührung der Metalle in einigen Punkten allein hinreichend ist (da sie alle ausgezeichnete Leiter sind), um einen mittelstarken elektrischen Strom frei durchgehen zu lassen, dies bei Flüssigkeiten, oder mit Feuchtigkeit getränkten Körpern nicht der Fall ist, da diese viel unvollkommenere Leiter sind und daher einer reichlichen Berührung mit den Metallen, und noch mehr mit einander bedürfen, damit die elektrische Flüssigkeit mit Leichtigkeit durchgehen kann, und nicht in ihrem Laufe aufgehalten wird, insbesondere wenn sie nur geringe Kraft besitzt, wie in unserem Falle.

»Uebrigens sind die Wirkungen meines Apparates (die Schläge, die man erhält) in dem Maasse sehr viel fühlbarer, als die Temperatur der umgebenden Luft, des Wassers oder der feuchten Platten, welche sich in der Säule befinden, und selbst des Wassers im Gefäss, höher ist, denn die Wärme macht das Wasser besser leitend. Was diese Wirkung aber noch besser hervorbringt, sind fast alle Salze, und besonders das gewöhnliche Salz. Dies ist einer der Gründe, wenn nicht der einzige, warum es vortheilhaft ist, dass das Wasser des

Gefässes, und vor Allem das zwischen den metallenen Paaren, das Wasser, womit die Pappscheiben u. s. w. getränkt sind, gesalzen ist, wie ich bereits erwähnt habe.

»Alle diese Hülfsmittel und Maassregeln haben aber schliesslich nur eine begrenzte Wirkung, und lassen nie sehr starke Erschütterungen erreichen, so lange der Apparat nur aus einer Säule von nur 20 Plattenpaaren besteht, wenn es auch die besten Metalle zu diesem Versuch, nämlich Zink und Silber, sind; denn wären es Silber und Blei oder Zinn, oder Kupfer und Zinn, so würde man nicht die Hälfte der Wirkung erlangen, wenn nicht die grössere Anzahl der Paare die geringere Kraft jedes einzelnen ersetzt. Was aber thatsächlich die elektrische Kraft des Apparates vermehrt, und sie soweit steigert, dass sie der des Zitterrochens und des Zitteraales gleichkommt und sie auch übertrifft, ist die Zahl der Platten, wenn sie in der beschriebenen Weise und mit den angegebenen Vorsichtsmaassregeln angeordnet werden. [**410**] Fügt man den oben beschriebenen 20 Paaren noch 20 oder 30 weitere in gleicher Ordnung hinzu, so sind die Erschütterungen der so verlängerten Säule (ich werde alsbald angeben, wie man sie aufrecht halten kann, dass sie nicht umfällt, oder wie man sie besser in zwei oder mehr Säulen theilen kann) schon weit stärker, und erstrecken sich durch die Arme bis zur Schulter, namentlich in dem Arm, dessen Hand ins Wasser getaucht ist, welche Hand nebst dem ganzen Arm mehr oder weniger betäubt bleibt, wenn man durch häufige Wiederholung der Berührungen diese Schläge schnell und ohne Aufhören sich folgen lässt. Dies erfolgt, wenn man die Hand ganz oder fast ganz in das Wasser des Gefässes taucht; senkt man aber nur einen Finger ganz oder theilweise ein, so werden die Erschütterungen fast völlig auf ihn concentrirt, und werden entsprechend schmerzhafter und so schneidend, dass sie unerträglich werden.

»Es ist wohl zu erwarten, dass diese aus 40 oder 50 Metallpaaren gebildete Säule, welche mehr als mittlere Schläge in den Armen einer Person hervorruft, noch merkliche an mehrere Personen ertheilen kann, welche sich an den (hinreichend feuchten) Händen halten und eine ununterbrochene Kette bilden.

»Um auf die mechanische Anordnung meines Apparates zurückzukommen, welche mehrerer Abänderungen fähig ist, werde ich hier zwar nicht alle, welche ich ausgedacht und in

grossem oder kleinem Maassstabe ausgeführt habe, beschreiben, sondern nur einige, welche besonders interessant und nützlich sind; welche einen wirklichen Vortheil besitzen, indem sie sich leichter oder bequemer herstellen lassen, sicherer in ihren Wirkungen oder länger in gutem Zustande zu erhalten sind.

[411] »Und um mit einer anzufangen, welche fast alle diese Vortheile vereinigt, und dabei am meisten der Gestalt nach von dem oben beschriebenen Säulenapparate abweicht, welche aber den Nachtheil hat, eine viel grössere Maschine zu sein, stelle ich Ihnen diesen neuen Apparat, welchen ich die Tassenkrone (couronne des tasses) nenne, in der beistehenden Figur 1 dar.

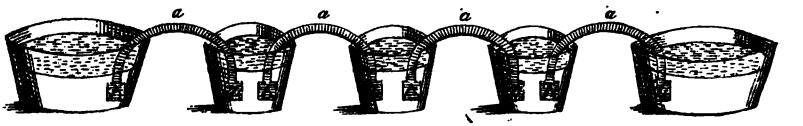


Fig. 1.

»Man ordnet eine Reihe von mehreren Tassen oder Töpfen von beliebigem Stoffe ausser Metall an, hölzerne Tassen, Muscheln, irdene Gefässe, besser gläserne (kleine Trinkgläser oder Becher sind die geeignetsten), die zur Hälfte mit reinem Wasser, oder besser mit Salzwasser oder Lauge gefüllt sind; man verbindet sie und bildet aus ihnen eine Art Kette mittelst ebenso vieler metallener Bögen, von denen ein Arm *Aa* oder auch nur das Ende *A*, welches in einen der Becher taucht, aus Kupfer, Messing oder besser aus versilbertem Kupfer ist, während der andere *Z*, welcher in den folgenden Becher taucht, aus Zinn oder besser aus Zink ist. Ich bemerke hier beiläufig, dass Lauge oder andere alkalische Flüssigkeiten vorzuziehen sind, wenn eines der eingetauchten Metalle Zinn ist; Salzwasser ist vorzuziehen, wenn es Zink ist. Die beiden Metalle, aus denen jeder Bogen besteht, sind an irgend einer Stelle oberhalb deren, die in die Flüssigkeit taucht, zusammengelöthet; letztere muss sie in einer genügend grossen Fläche berühren, es ist daher passend, dass dieser Theil aus einer Platte von einem Zoll im Quadrat oder nur wenig kleiner besteht; der übrige Theil des Bogens kann so schmal sein, wie man will, selbst ein einfacher Metalldraht. Er kann auch aus einem dritten Metall bestehen, welches von denen ver-

schieden ist, die in die Flüssigkeit der Becher tauchen; denn die Wirkung auf die elektrische Flüssigkeit, welche von allen Berührungen mehrerer unmittelbar auf einander folgender Metalle herrührt, oder die Kraft, mit welcher diese Flüssigkeit an das Ende getrieben wird, ist absolut oder nahezu dieselbe, welche sie durch die unmittelbare Berührung des ersten Metalles mit dem letzten, ohne irgend eines der Zwischenmetalle, empfangen haben würde, wie ich dies durch unmittelbare Versuche bestätigt habe, von denen ich anderweit zu sprechen Gelegenheit haben werde.

[412] Eine Reihe von 30, 40, 60 dieser Becher, die auf diese Weise verknüpft sind, und die in einer geraden Linie oder in irgend einer Curve oder in beliebiger Weise geordnet sind, bildet den ganzen neuen Apparat, welcher im Grunde und wesentlich derselbe ist, wie die oben beschriebene Säule; die Hauptsache, welche in der unmittelbaren Verbindung zweier verschiedener Metalle besteht, die jedes Paar bilden, und in der mittelbaren eines Paares mit dem anderen, nämlich durch den feuchten Leiter, findet sich bei einem Apparate wie dem anderen.

»Was die Art anlangt, wie man den Becherapparat erprobt, und bezüglich der Versuche, zu denen er dienen kann, habe ich nicht viel zu sagen nach dem, was ich bei Gelegenheit der Säule erwähnt und ausgiebig erklärt habe. Man wird leicht verstehen, dass es genügt, um Schläge zu erfahren, wenn man die Hand in einen Becher steckt, und einen Finger der anderen Hand in einen anderen Becher, der von jenem hinreichend entfernt ist; dass dieser Schlag um so stärker sein wird, je mehr beide Gefässe von einander entfernt sind, d. h., je mehr Gefässe dazwischen sind; und man wird daher den stärksten Schlag erhalten, wenn man den ersten und den letzten Becher der Kette berührt. Man wird auch verstehen, wie und warum die Versuche besser gelingen, wenn man mit der gut angefeuchteten Hand eine ziemlich grosse Metallplatte fest anfasst (damit die Verbindung hinreichend vollkommen und in einer grossen Anzahl von Punkten stattfindet), und mit dieser Platte das Wasser des bestimmten Bechers, oder besser den metallenen Bogen berührt, während die andere Hand in den anderen, entfernten Becher getaucht ist, oder man durch eine ebenso angefasste Platte dessen Bogen berührt. [413] Schliesslich wird man das Ergebniss einer grossen Zahl von Versuchen, die man mit dieser Tassenkrone leichter, anschaulicher und so zusagen mehr zu den Augen sprechend als mit

der Säule ausführen kann, verstehen und sogar vorhersagen können. Ich erspare mir daher die Beschreibung einer grossen Zahl leicht zu erfindender Versuche und erwähne nur einige, welche nicht weniger belehrend als ergötzlich sind.

»Es seien dreimal zwanzig dieser Tassen oder Becher geordnet und mit einander durch metallene Bogen verkettet, aber in der Weise, dass in den ersten zwanzig die Bogen nach derselben Seite gewendet sind, z. B. die Arme mit dem Silber nach links und die mit dem Zink nach rechts; in den zweiten zwanzig aber im umgekehrten Sinne, d. h. das Zink nach links, das Silber nach rechts, schliesslich in den letzten zwanzig das Silber wieder nach links, wie zuerst. Nachdem die Sachen so geordnet sind, tauchen Sie einen Finger in das Wasser des ersten Bechers, und berühren Sie mit der in der andern Hand gehaltenen Platte in der beschriebenen Weise den ersten metallenen Bogen (den, welcher den ersten Becher mit dem zweiten verbindet), sodann den zweiten Bogen zwischen dem zweiten und dritten Becher, und nach einander die anderen bis zum letzten. Wenn das Wasser wohl gesalzen und warm ist, und die Haut der Hand gut befeuchtet und erweicht, so werden Sie eine kleine Erschütterung in den Fingern bereits empfinden, wenn Sie zum vierten oder fünften Bogen gelangt sind (ich habe sie einige Male ziemlich deutlich durch die Berührung des dritten empfunden), und indem Sie folgeweise auf den sechsten, siebenten u. s. w. übergehen, nehmen die Schläge stufenweise an Stärke zu bis zum zwanzigsten Bogen, d. h. bis zu dem letzten in einem Sinne gewendeten; [**414**] gehen Sie aber weiter zum 21., 22., 23., oder ersten, zweiten, dritten der zweiten Zwanzig, so werden die Schläge bei jedem Schritt schwächer, und zwar so, dass sie beim 36. oder 37. unmerklich und absolut Null beim 40. werden; ist dieser überschritten (und werden die dritten Zwanzig begonnen, die den zweiten entgegengesetzt aber den ersten analog sind), so werden die Schläge bis zum 44. oder 45. unmerklich sein; sie werden von da ab aber merklich werden und stufenweise zunehmen in dem Maasse, wie Sie bis zum 60. vorschreiten, wo sie ebenso stark sein werden, wie beim 20. Bogen.[6])

»Wenn nun die zwanzig mittleren Bogen in demselben Sinne gewendet wären, wie die zwanzig vorhergehenden und die zwanzig folgenden, wenn also alle 60 zusammenwirkten, um die elektrische Flüssigkeit in demselben Sinne zu treiben, so versteht man, wieviel grösser die Wirkung und stärker die

Erschütterung schliesslich sein würde, und man versteht im Allgemeinen, wie und bis zu welchem Punkte sie abgeschwächt werden muss, wenn eine grössere oder geringere Anzahl dieser Kräfte vermöge der umgekehrten Stellung der Metalle einander entgegengesetzt sind. Wenn die Kette irgendwo unterbrochen ist, weil das Wasser in einem Becher fehlt, oder weil ein metallischer Bogen entfernt oder in zwei Stücke getheilt worden ist, so werden Sie keinen Schlag spüren, wenn Sie einen Finger in das Wasser des ersten, den zweiten in den des letzten Gefässes tauchen, Sie werden ihn aber in dem Augenblicke haben, stärker oder schwächer je nach den Umständen, wenn (während die Finger eingetaucht bleiben) die unterbrochene Verbindung hergestellt wird, wenn etwa eine andere Person in die beiden Tassen, wo der Bogen fehlt, zwei ihrer Finger steckt (welche ihrerseits auch einen leichten Schlag erhalten werden), oder besser, wenn man den entfernten Bogen oder irgend einen andern wieder einsenkt, oder, wenn man im Fall des in zwei Stücke getheilten Bogens diese wieder zu gegenseitiger Berührung bringt (auf diese Art wird der Schlag stärker, als vorher), oder endlich, wenn man im Falle der leeren Tasse Wasser in diese giesst, so dass es die beiden in dieser Tasse befindlichen, vorher trockenen Bogen erreicht.

[**415**] »Ist die Tassenkette oder -krone genügend lang und im Stande, einen starken Schlag zu geben, so wird man sogar einen allerdings viel schwächeren spüren, wenn man beide Finger oder beide Hände in ein einziges ziemlich grosses Gefäss mit Wasser taucht, in welchem der erste und letzte metallene Bogen endigt, vorausgesetzt, dass eine oder die andere der eingetauchten Hände, oder besser beide, mit diesen Bogen in Berührung, oder ziemlich nahe sind; man wird, sage ich, einen Schlag fühlen, sowie (nachdem die Kette irgendwo unterbrochen war) die Verbindung wieder hergestellt und der Kreis auf irgend eine der erwähnten Arten geschlossen wird. Nun könnte man überrascht sein, dass in diesem Kreise der elektrische Strom, obwohl er freien Durchgang durch eine ununterbrochene Wassermasse, nämlich das Wasser des Gefässes hat, diesen guten Leiter verlässt, um durch den Körper der Person, welche ihre Hände in dies Wasser getaucht hält, zu gehen, und so einen längeren Weg zurückzulegen. Aber diese Überraschung wird aufhören, wenn man überlegt, dass die lebenden und warmen thierischen Stoffe und insbesondere ihre Feuchtigkeiten im Allgemeinen bessere Leiter sind, als das Wasser.

Es gewährt daher der Körper der Person, welche die Hände in das Wasser gesteckt hat, dem elektrischen Strome einen leichteren Durchgang, und dieser muss ihn vorziehen, obwohl er etwas länger ist. Da übrigens die elektrische Flüssigkeit, wenn sie in Masse unvollkommene Leiter und insbesondere feuchte Leiter durchdringen muss, sich in einen breiteren Canal auszubreiten, oder sich in mehrere zu theilen liebt, ja sogar Umwege geht, wenn sie dort geringeren Widerstand findet, als wenn sie dem kürzesten Wege folgt: [**416**] so nimmt in unserem Falle nur ein Theil des elektrischen Stromes diesen neuen Weg durch die Person und entfernt sich vom Wasser, der andere, grössere oder geringere Theil geht durch das Wasser des Gefässes. Dies ist der Grund, weshalb der Schlag, den man fühlt, viel schwächer ist, als wenn der elektrische Strom ungetheilt bleibt, indem die Person allein die Verbindung von einem Bogen zum anderen bildet.

Nach diesen Versuchen sollte man meinen, dass, wenn der Zitterrochen dem menschlichen Arme, oder den Thieren, die es berühren, oder sich ihm zu sehr nähern, einen Schlag versetzen will (ein Schlag, der viel schwächer ist als der, den er ausserhalb des Wassers ertheilen kann), so braucht es nur einige Theile seines elektrischen Organes einander zu nähern, da nämlich, wo eine Verbindung fehlt; er muss diese Lücken zwischen den einzelnen Säulen fortschaffen, Lücken, die entweder zwischen den Häuten, die in Form schmaler Scheiben in jeder Säule von unten bis oben über einander liegen; diese Lücken, sage ich, müssen an einer oder mehreren Stellen fortgeschafft und es muss der Contact hergestellt werden, entweder durch Zusammendrücken dieser Säulen oder durch Zufluss irgend einer Flüssigkeit in die Häutchen oder Zwischenräume. So denke ich, könnte die ganze Thätigkeit des Rochens gedacht werden, wenn er Schläge ertheilt und ich glaube wirklich, dass es sich so verhält; denn alles Uebrige, die Erregung und Fortbewegung der Elektricität folgt nothwendig aus dem Bau des sonderbaren Organes: es besteht aus einer grossen Reihe von Leitern, die ich als sehr verschieden anzusehen allen Grund habe, [**417**] so dass sie Motoren der Elektricität sein können, sobald sie sich berühren, denn sie mögen so angeordnet sein, dass sie mit hinreichender Kraft dieses Fluidum in Bewegung setzen können, von oben nach unten oder umgekehrt, und dass sie einen zur Erschütterung

hinreichenden Strom bilden, sobald alle nothwendigen Berührungen und Verbindungen hergestellt sind.

»Lassen wir nun aber den Zitterrochen und sein natürliches elektrisches Organ, und kehren zu dem künstlichen elektrischen Organ meiner Erfindung zurück, und insbesondere zu dem, welches das erstere auch in seiner Gestalt (von der der Becherapparat sich entfernt) nachahmt, nämlich dem Säulenapparat. Ich hätte einiges über die Construction des genannten Becher- oder Tassenapparates zu sagen, z. B. dass es gut ist, die erste und letzte Tasse recht gross zu nehmen, um nach Bedarf die ganze Hand hineinsenken zu können, doch würde es zu weit führen, auf alle diese Einzelheiten einzugehen.

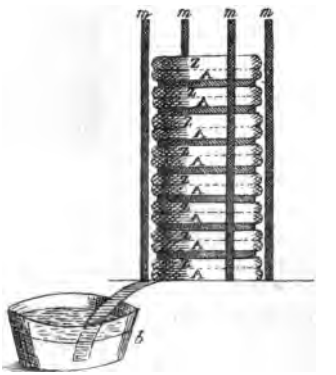


Fig. 2.

»Was den Säulenapparat anlangt, so habe ich Mittel gesucht, um ihn erheblich durch Vervielfältigung der metallischen Platten zu verlängern, ohne dass er umfällt; ferner ihn bequem und tragbar und vor Allem dauerhaft zu machen; und ich habe unter anderen Mitteln folgende gefunden, welche ich Ihnen durch die beifolgenden Figuren vor Augen bringe. (Fig. 2, 3, 4.)

»In der Fig. 2 sind *m*, *m*, *m*, *m* Säulen oder Stäbe, drei, vier oder mehr an der Zahl, welche sich vom Fuss der Säule erheben und wie ein Käfig die auf einander gelegten Platten oder Scheiben von beliebiger Zahl und Höhe umfassen und sie so verhindern, umzufallen. Die Stäbe können von Glas, Holz oder Metall sein; nur muss man im letzteren Falle verhindern, dass sie die Platten unmittelbar berühren; [418] dies kann geschehen, indem man die Metallstäbe mit Glasröhren umgiebt, oder zwischen sie und die Säule einige Streifen Wachstuch, Ölpapier oder sogar gewöhnliches Papier oder endlich irgend einen anderen Körper bringt, welcher isolirt oder schlechter Leiter ist: Holz und Papier sind es genug, wenn sie nur nicht sehr feucht oder nass sind.

»Das beste Mittel aber, wenn man einen Apparat aus einer grossen Zahl von Platten bauen will, wie z. B. über 60, 80 oder 100, besteht darin, die Säulen in zwei, oder drei oder mehrere zu theilen, wie man in den Fig. 3 und 4 sieht, wo die Stücke alle ihre Stellungen und Verbindungen haben, als

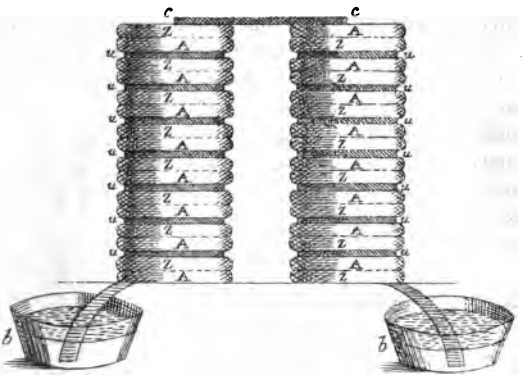


Fig. 3.

wenn es eine einzelne Säule wäre. Man kann in der That die Fig. 4 und 3 als eine umgebogene Säule ansehen.

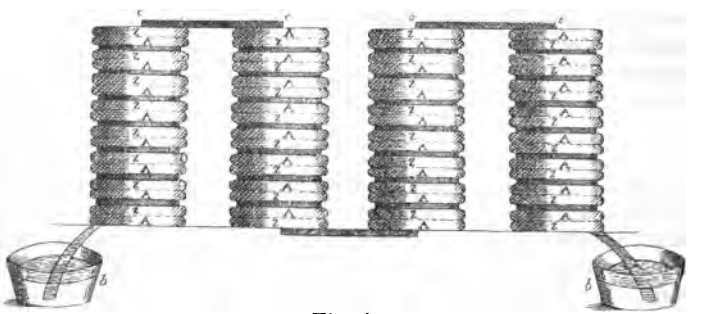


Fig. 4.

»In allen Figuren sind die verschiedenen metallenen Platten mit den Buchstaben *A* und *Z* bezeichnet (welches die Anfangsbuchstaben von argent und zinc sind), und die zwischengelegten feuchten Platten (von Pappe, Leder u. s. w.) sind schwarz gemalt.

»Die punktirten Linien geben die Verbindung der Metalle mit einander in jedem Paar, ihre wechselseitige Berührung in irgend einer Zahl von Punkten an; dies ist gleichgültig, auch können sie verlöthet sein, was in mancher Hinsicht gut ist; *cc*, *cc*, *cc* sind die Metallplatten, welche eine Säule, oder einen Säulentheil mit den andern verbinden, und *b*, *b*, *b*, *b*, *b* sind Gefässe mit Wasser, die mit den Füssen oder Enden der Säulen in Verbindung stehen.

»Der so aufgebaute Apparat ist recht bequem, nicht gross, und man könnte ihn noch leichter und sicherer mit Hülfe einiger Röhren oder Hülsen, in welche man jede Säule einschliesst und verwahrt, tragbar machen. [**419**] Es ist nur schade, dass er nicht lange in gutem Zustande bleibt; die feuchten Platten trocknen nach ein bis zwei Tagen aus, so dass man sie von neuem befeuchten muss; man kann dies indessen ausführen, ohne den Apparat auseinander zu nehmen, indem man die ganzen Säulen in Wasser taucht und (nach dem Herausnehmen über eine kleine Weile) sie äusserlich mit Leinewand oder sonstwie, so gut man kann, abtrocknet.

»Das beste Verfahren, um ein so dauerhaftes Instrument zu erhalten, als man es nur wünschen kann, wäre, das Wasser in jedem Paar einzuschliessen und zurückzuhalten, und die Platten an ihrer Stelle zu erhalten, indem man sie mit Wachs oder Pech umgiebt; die Sache ist aber ein wenig schwierig auszuführen und man braucht viel Geduld dazu. Sie ist mir indessen gelungen, und ich habe auf diese Weise zwei Cylinder von zwanzig Paaren hergestellt, welche jetzt, nach zwei Wochen, noch sehr gute Dienste leisten, und es, wie ich hoffe, auch nach Monaten thun werden.

»Man hat die Bequemlichkeit, diese Cylinder bei den Versuchen nicht nur aufrecht, sondern nach Belieben geneigt, liegend, selbst in Wasser getaucht, so dass ihre Spitze allein hervorragt, anwenden zu können; sie könnten auch völlig untergetaucht Schläge geben, wenn sie eine grössere Zahl von Platten enthielten, oder wenn mehrere solcher Cylinder mit einander vereinigt wären: wäre noch irgend eine Unterbrechung vorgesehen, welche man nach Belieben entfernen könnte u. s. w., so würden sie ziemlich gut einen Zitteraal vorstellen; um einem solchen auch im Aeusseren ähnlicher zu sein, könnten sie durch biegsame Metalldrähte oder Spiralfedern verbunden werden, mit einer Haut überzogen und mit einem wohlgeformten Kopf und Schwanz versehen sein u. s. w.

»Die von unseren Organen empfundenen Wirkungen, welche ein Apparat aus 40 bis 50 Plattenpaaren (oder auch ein kleinerer, wenn die Metalle Silber oder Kupfer und Zink sind), beschränken sich nicht auf die Schläge allein: [**420**] der Strom der elektrischen Flüssigkeit erregt, wenn er von einer solchen Zahl und Art verschiedener Leiter, Silber, Zink und Wasser, die in der beschriebenen Weise abwechselnd geschichtet sind, in Bewegung gesetzt und getrieben wird, nicht nur Zusammenziehungen und Krämpfe in den Muskeln, mehr oder weniger heftige Convulsionen der Glieder, welche er in seinem Laufe durchströmt, sondern er erregt auch die Organe des Geschmacks, des Gesichts, des Gehörs und des eigentlichen Gefühlssinnes, und bringt hier die jedem eigenen Empfindungen hervor.

»Was zunächst den Tastsinn anlangt: wenn ich durch eine reichliche Berührung der (gut befeuchteten) Hand mit einer Metallplatte oder besser durch tiefes Eintauchen der Hand in das Wasser des Gefässes einerseits eine gute Verbindung mit einem Ende meines elektromotorischen Instrumentes (man muss Instrumenten, die nicht nur der Form nach, sondern auch nach ihren Wirkungen oder nach den Principien, von denen sie abhängen, neu sind, auch neue Namen geben) herstelle, und ich bringe das andere Ende an die Stirn, das Augenlid, die Nasenspitze, die gleichfalls befeuchtet sind, oder an irgend eine andere Stelle des Körpers, wo die Haut dünn genug ist; wenn ich, sage ich, einen dieser empfindlichen Körpertheile gut befeuchtet unter etwas Druck mit der Seite eines Drahtes berühre, welcher mit dem anderen Ende des genannten Apparates passend verbunden ist, so fühle ich in dem Augenblicke, wo der leitende Kreis geschlossen wird, an der berührten Stelle der Haut und etwas darüber hinaus einen Schlag und einen Stich, welche schnell vorübergehen und sich so oft wieder einstellen, als man den Kreis öffnet und schliesst; so dass, wenn diese Unterbrechungen oft erfolgen, sie ein sehr unangenehmes Schütteln und Prickeln verursachen. Wenn aber die Verbindung ohne diesen Wechsel, ohne die mindeste Unterbrechung bestehen bleibt, so fühle ich während einiger Augenblicke nichts mehr, worauf alsdann an der mit dem Ende des Metalldrahtes berührten Stelle sich eine andere Empfindung geltend macht, welche ein scharfer Schmerz (ohne Stoss) ist, der sich genau auf die Berührungsstelle beschränkt, ein Brennen, welches nicht nur andauert, sondern immer stärker wird,

bis es nach kurzer Zeit unerträglich wird, und welches nicht aufhört, bevor man den Kreis unterbricht.

[421] »Welchen augenscheinlicheren Beweis für die Fortdauer des elektrischen Stromes während der ganzen Zeit, dass die Verbindungen zwischen den Körpern, die den Kreis bilden, bestehen bleiben, kann es geben? und dass erst beim Unterbrechen desselben ein solcher Strom aufgehoben wird? Dieses endlose Kreisen der elektrischen Flüssigkeit (dieses perpetuum mobile) kann paradox, ja unerklärlich erscheinen, es ist aber nichtsdestoweniger wahr und wirklich, man fasst es sozusagen mit der Hand. Ein anderer evidenter Beweis kann gleichfalls daraus gezogen werden, dass man bei derartigen Versuchen oft in dem Augenblicke, wo man den Kreis plötzlich unterbricht, gleichfalls einen Schlag, einen Stich, eine Erschütterung verspürt, ganz wie im Augenblicke, wo der Kreis geschlossen wird; mit dem einzigen Unterschiede, dass diese durch eine Art von Rückfluss der elektrischen Flüssigkeit oder durch den Stoss vermöge der plötzlichen Aufhebung ihres Stromes hervorgerufenen Empfindungen schwächer sind. Ich habe aber nicht nöthig, und es ist hier nicht der Ort, Beweise für ein derartiges endloses Kreisen der elektrischen Flüssigkeit in einem Kreise von Leitern anzuführen, unter denen es welche giebt, die gemäss ihrer verschiedenen Natur durch ihre gegenseitige Berührung das Amt der Erreger oder Motoren ausüben: dieser Satz, welchen ich seit meinen ersten Untersuchungen und Entdeckungen im Gebiete des Galvanismus stets behauptet habe, wird, wie ich hoffe, keine Widersacher mehr finden.

[422] In Hinsicht auf den Schmerz, den man bei den vorstehenden Experimenten empfindet, muss ich hinzufügen, dass, wenn dieser Schmerz schon recht stark und empfindlich ist an Stellen mit unverletzter Haut, er doch bedeutend anwächst, wenn die Haut fehlt, in Wunden z. B. und bei frischen Verletzungen. Befindet sich irgendwo ein kleiner Schnitt oder eine Schramme an dem in irgend eine der Flüssigkeiten am Ende des Apparates eingetauchten Finger, so empfinde ich einen so lebhaften und brennenden Schmerz, im Augenblick wo der Kreis geschlossen wird, dass ich alsbald vom Versuch abstehen muss, d. h. ich muss den Finger herausziehen oder anderswie den Strom unterbrechen. Ja ich kann kaum mehr als einige Secunden dem Schmerz widerstehen, wenn der Apparat ungefähr 20 Elemente enthält.

Es ist ferner bemerkenswerth, dass alle diese Empfindungen von Stechen oder Schmerzen stärker und schärfer auftreten, wenn der empfindsame Körpertheil sich auf Seiten der negativen Elektricität befindet, d. h. so dass der elektrische Strom nicht gegen diesen Theil sich ergiesst und ihn von aussen nach innen durchläuft, sondern umgekehrt von innen nach aussen, kurz so, dass er aus ihm heraustritt; daher muss man beim Metallpaare unterscheiden, welches von ihnen dem andern Elektricität abgiebt. Uebrigens hatte ich solches für alle Metalle in längst veröffentlichten Versuchen bestimmt, in meinen ersten Abhandlungen über den Galvanismus. Ich erwähne daher nur, dass Alles in noch beweisenderer und einleuchtenderer Art in den jetzigen Versuchen bestätigt wird.

[**423**] In Hinsicht auf den Geschmackssinn hatte ich schon in jenen ersten Abhandlungen, in denen ich gezwungen war die thierische Elektricität *Galvani*'s zu bekämpfen und sie für eine äussere Elektricität zu erklären, die durch den Contact heterogener Metalle erregt wird; ich hatte, sage ich, entdeckt, dass in Folge dieser Fähigkeit, die ich den Metallen zuschrieb, dass nämlich zwei verschiedene Stücke Metall, namentlich Silber, Zink, gehörig angebracht, an der Spitze der Zunge sehr deutliche Geschmacksempfindungen hervorrufen; dass dieser Geschmack sicher ein saurer sei, wenn die Zungenspitze dem Zink zugekehrt sei, so dass der Strom entgegengerichtet sei und in die Zunge hineintritt; dass ein anderer Geschmack, der zwar weniger stark aber doch unangenehmer, herbe und alkalinisch auftrete, wenn man die Stellung der beiden Metalle umkehrt und der Strom aus der Zungenspitze austritt; dass diese Empfindungen noch dazu fortbestehen und selbst mehrere Secunden lang zunehmen, wenn der Contact der Metalle andauert und der Strom nirgends unterbrochen wird. Wenn ich nun sage, dass dieselben Erscheinungen hier auftreten, wenn man statt eines einzigen Paares von Metallen deren mehrere anbringt in gehöriger Anordnung; dass alsdann die Geschmacksempfindungen, sowohl die saueren als die alkalischen, zunehmen, obwohl nicht stark mit der Anzahl der Paare, so habe ich Alles gesagt. Ich muss nur noch hinzufügen, dass, wenn man auf der Zunge einen Apparat anwendet, der ziemlich gross ist, z. B. von 30 oder 40 Paaren oder noch mehr, die Zunge nicht bloss einen Geschmack, sondern ausserdem noch einen Schlag in dem Augenblick des Stromschlusses empfinden wird, der einen stechenden Schmerz her-

vorruft, [424] der mehr oder weniger empfindlich ist, aber vergeht, während erst etwas später die Geschmacksempfindung folgt, die beharrt. Dieser Schlag bringt selbst eine Zuckung oder ein Schütteln der ganzen Zunge oder eines Theiles derselben hervor, wenn der Apparat aus einer noch grösseren Anzahl von Paaren besteht und stärker wirkt und wenn der Strom mittelst guter Leitungen überall frei kreisen kann.

Ich komme oft auf diese letztere Bedingung zurück, auf welche ich bestehen muss, weil sie wesentlich ist, wenn wir sehr deutliche Wirkungen an unserem Körper verspüren wollen, sowohl wenn es gilt Bewegungen als Sinnesempfindungen hervorzurufen. Es müssen auch die nicht metallischen Theile der Schliessung gut leiten, sie müssen gut mit Wasser getränkt sein, wenn es nicht ursprünglich schon Flüssigkeiten sind: ausserdem müssen die Oberflächen recht feucht sein und die sich berührenden Flächen müssen recht gross sein. Die Zuleitung muss auf einen kleinen Theil beschränkt werden da wo man die Wirkung auf einen empfindlichen Theil des Körpers beschränken will, auf einige Empfindungsnerven, etc., wie solches schon angeführt wurde bei den Versuchen über die Berührung, wo man starke Schmerzen hervorruft in verschiedenen Körpertheilen. Die beste Art alle Empfindungen auf der Zunge hervorzubringen besteht darin, die Zungenspitze gegen einen nicht allzuspitzen Metallstab zu halten, während man diesen mit dem Apparat verbindet und eine gute Leitung nach dem andern Ende des Metallstabes schafft mittelst der Hand oder besser mittelst beider Hände. [425] Die Zunge darf bereits am Ende des Stabes angebracht sein, ehe der Stromkreis geschlossen wird (d. h. ehe man die Hand in das Wasserbecken taucht), oder nachher, wenn die Hand bereits eingetaucht ist; in letzterem Falle fühle ich den Stich oder die Erschütterung in der Zunge ein ganz weniges vor der wirklichen Berührung. Ja es scheint mir immer, besonders wenn ich allmählich die Zunge vorstrecke, dass, wenn sie ganz nahe an das Metall herangekommen ist, der elektrische Strom (ich möchte fast sagen der elektrische Funke) diesen Zwischenraum überspringt und die Zunge trifft.

In Hinsicht auf den Gesichtssinn hatte ich gleichfalls die Möglichkeit entdeckt ihn zu erregen, selbst durch schwache Ströme, ganz besonders bei Anwendung von Zink und Silber, daher musste ich erwarten, dass mein neuer Apparat noch stärkere Empfindungen hervorrufen werde, und zwar je mehr

Paare angewandt würden; denn jedes Paar vergrössert die Kraft des elektrischen Stromes, wie alle anderen Versuche es zeigen, besonders die mit dem Elektrometer, verstärkt durch den Condensator, die ich hier nur erwähnt habe und die ich anderswo beschreiben werde. Doch war ich erstaunt zu finden, dass mit 10, 20, 30 Paaren und mehr der Lichteindruck nicht länger dauerte noch lebhafter war, als mit einem einzigen Paare. Freilich kann dieser schwache und vergängliche Lichteindruck mit solchem Apparate leichter, bequemer und auf sehr verschiedene Art hervorgebracht werden. [**426**] Um nämlich mit einem Paare zum Ziel zu gelangen, giebt es wohl nur folgende Verfahren: entweder es muss einer der Metallstäbe an den Augapfel angelegt werden oder an das gut benetzte Augenlid, während es das andere Metall berührt, das an das andere Auge gehalten, oder in den Mund gesteckt wird, was die schönsten Lichtblitze giebt; oder endlich man bringt die beiden Metalle an verschiedene Theile des Mundes, während sie sich zugleich berühren. Mit einem Apparat von 20, 30 Paaren bringt man denselben Lichtblitz zu Stande, wenn man das Metall, welches mit dem Apparat verbunden ist, nicht bloss das Auge oder gewisse Theile des Mundes berühren lässt, sondern auch die Stirne, die Nase, die Wangen, die Lippen, das Kinn bis zum Kehlkopf; kurz alle Theile des Gesichtes, nur müssen sie gut befeuchtet sein vor der Berührung mit dem Metall. Uebrigens ist Form und Stärke des Lichteindruckes etwas verschieden je nach den dem elektrischen Strome ausgesetzten Stellen; ist es die Stirne z. B., so ist das Licht schwach nnd erscheint als leuchtender Kreis, eine Gestalt, die auch in anderen Fällen vorkommt.

Aber der merkwürdigste aller Versuche ist der, den Metallstab zwischen die Lippen zu halten und zwar in Berührung mit der Zungenspitze; wenn man nun den Strom schliesst und Alles in bester Ordnung, auch der elektrische Strom ziemlich stark ist, erhält man eine Lichtempfindung, und eine Zuckung in den Lippen, ja selbst in der Zunge, und zwar einen empfindlichen Stich in der Spitze, worauf dann die Geschmacksempfindung folgt.

[**427**] Ueber das Gehör nur noch ein Wort. Dieser Sinn, den ich vergeblich mit einem Paare zu erregen versuchte, obwohl ich die wirksamsten Metalle gewählt hatte, nämlich Silber oder Gold und Zink, jetzt habe ich ihn erregen können mit dem neuen Apparat von 30 oder 40 Paaren. Ich führte vorher

zwei metallische Stäbe in die Ohren, mit abgerundeten Enden; diese verband ich mit dem Apparat. Im Augenblick des Stromschlusses empfand ich eine Erschütterung im Kopfe; und etwas später (während die Leitung verbunden blieb) hörte ich einen Ton oder richtiger ein Geräusch in den Ohren, das schwer zu beschreiben sein dürfte; es war eine Art Knacken oder Knistern, wie wenn eine zähe Materie ins Sieden geräth. Dieses Geräusch bestand fort, ohne stärker oder schwächer zu werden, so lange der Strom geschlossen blieb. Das unangenehme Gefühl hielt ich für gefährlich, weil es eine Erschütterung im Gehirn hervorrief, deshalb wiederholte ich diesen Versuch nicht mehr.

Den Geruchssinn habe ich bis jetzt vergeblich zu erregen versucht. Der elektrische Strom, der in den Körpertheilen, die in den Stromkreis eingeschlossen werden, eine den einzelnen Sinnen entsprechende Empfindung wachruft oder ganz besonders die Tast-, Geschmacks-, Gesichts und Gehörsnerven erregen, dieser Strom bringt stets Empfindungen hervor, wie sie jedem Sinne eigenthümlich sind, dagegen in der Nase nur ein mehr oder weniger schmerzhaftes Stechen und Erregungen, die von der Stärke des Stromes abhängen. [428] Woher kommt es, dass der Geruchssinn nicht erregt wird, obwohl doch die Nerven dieses Sinnes betroffen werden? Man darf nicht sagen, der elektrische Strom vermag keine Geruchsempfindungen hervorzurufen; denn beim Büschellicht und beim gewöhnlichen Spiele der Elektrisirmaschine merkt man einen sehr deutlichen Geruch, der an den des Phosphors erinnert. Es folgt daraus, in Analogie mit Riechstoffen, dass diese in der Luft verbreitet sein müssen, um den Geruchssinn zu erregen, wie andere Essenzen, wo die Luft Träger ist, wenn der Geruchssinn angeregt werden soll. In den fraglichen Versuchen aber, bei einem überall geschlossenen Strome, kann dieses durchaus nicht stattfinden.

Alle Thatsachen, die ich in dem langen Schreiben berichtet habe, betreffen die Wirkung meines Apparates auf verschiedene Körpertheile, eine Wirkung, die übrigens nicht eine nur augenblickliche ist, sondern so lange anhält als der Strom geschlossen bleibt; eine Wirkung, die je nach der Erregbarkeit der betroffenen Theile veränderlich erscheint; alle diese Thatsachen, die schon recht zahlreich sind, und andere noch zu entdeckende eröffnen ein weites Feld des Nachdenkens, nicht bloss an sich bemerkenswerthe Gesichtspunkte, sondern

besonders auch solche, die wichtig für die Medicin sind. Hier giebt es zu thun für den Anatomen, den Physiologen und den praktischen Arzt.

[**429**] Man weiss aus der Anatomie, dass das elektrische Organ des Zitterrochens und des Zitteraales aus vielen häutigen Säulen besteht, welche von einem Ende bis zum anderen mit einer grossen Anzahl Scheiben oder Häutchen versehen sind, die sehr dünne Scheiben bilden und die über einander gelagert sind oder in kleinen Zwischenräumen auseinander gehalten werden, in denen gewisse Flüssigkeiten sich befinden. Man kann unmöglich annehmen, dass diese Scheiben so isoliren wie Glas, Harz, Seide, etc., und noch weniger können sie durch Reiben elektrisch werden, so dass sie wie *Franklin*'s Tafeln oder wie kleine Elektrophore geladen werden könnten; auch leiten sie nicht so schlecht, dass sie als gute ausdauernde Condensatoren gelten könnten, wie solches Mr. *Nicholson* angenommen hat. Die Hypothese dieses gelehrten fleissigen Physikers, dergemäss jedes Paar dieser Häutchen, die er mit Talkblättchen vergleicht, ebenso viele Elektrophore oder Condensatoren sind, ist wirklich sehr geistreich; es war das vielleicht das Beste zur Erklärung der Erscheinungen der elektrischen Fische, so lange man sich an die bisher bekannten Gesetze halten musste. Indessen müsste der Mechanismus bei jedem Schlage, den der Fisch ertheilen wollte, die Trennung der Platten, aller oder eines Theiles, gleichzeitig stattfinden, es müsste einerseits eine Verbindung aller positiv elektrisirten Platten und andererseits der negativ elektrisirten stattfinden, wie Mr. *Nicholson* es verlangt; [**430**] solch ein Mechanismus scheint sehr complicirt und wenig natürlich; ausserdem wird die Annahme einer anfänglichen Ladung in den Häutchen, die als Elektrophore dienen, sehr willkürlich erscheinen; solch eine Hypothese fällt in sich zusammen, schon weil die Häutchen nicht isoliren können, also auch keine eigentliche elektrische Ladung erhalten, geschweige denn behalten können. Alle animalische Substanz, wenn sie frisch und feucht ist, und mehr oder weniger saftig, ist ein recht guter Leiter: Aber noch mehr; weit entfernt so fest und zähe zu sein wie Harze oder Talk, mit denen Herr *Nicholson* die fraglichen Häutchen vergleicht, giebt es, wie ich mich überzeugt habe, keine animalische Substanz, die weniger nachgiebig wäre als Wasser, mit Ausnahme von Fett und einigen Oelarten. Aber weder diese Flüssigkeiten noch Fett, besonders im halbflüssigen Zustande,

oder auch ganz flüssig, wie im lebenden Körper, können eine elektrische Ladung in der Art isolirender Scheiben erhalten und sie festhalten; übrigens sind die Scheiben und Feuchtigkeiten beim Zitterrochen und Zitteraale weder fettig noch ölig. Also, da dieses Organ ganz aus leitender Substanz besteht, kann es weder mit dem Elektrophor oder Condensator, noch mit der Leidener Flasche verglichen werden, auch nicht mit irgend einer durch Reibung oder anders erregbaren Maschine, Arten, die man vor meinen Entdeckungen für die einzigen hielt zur Erzeugung der Elektricität.

[**431**] Mit welcher Elektricität, mit welchem Instrument muss nun das Organ des Zitterrochens verglichen werden, der nach dem neuen Princip gebaut ist? Mit dem Apparat, den ich vor einigen Jahren entdeckt habe und den meine Versuche, besonders diejenigen, welche mich jetzt beschäftigen, so schön bestätigt haben, nämlich nach dem Princip, dass die Leiter in gewissen Fällen auch Erreger der Elektricität sind, sobald sie nämlich von verschiedener Beschaffenheit sind und sich berühren; mit diesem Apparat, den ich künstliches elektrisches Organ genannt habe und das daher im Grunde genommen derselbe ist, wie das natürliche Organ des Rochens, ihm sogar, wie ich bereits mitgetheilt habe, der Form nach gleicht.[7])

Anmerkungen.

1) *Zu S. 3.* Die drei Briefe an *Gren* erschienen italienisch in *Brugnatelli*'s Annali di Chimica Bd. 13, p. 226, 1796, Bd. 14, p. 3, 1797 und Bd. 14, p. 40, 1797. — Sie sind, wie alle anderen, weitläufig geschrieben, enthalten aber die wesentlichen Fortschritte und Klärungen, die dem Bau der Säule vorangehen mussten. Die deutsche Uebersetzung, die wir bringen, erschien in *J. W. Ritter*: »Beyträge zur näheren Kenntniss des Galvanismus«. Jena 1800.

2) *Zu S. 23.* Die angeführten Schriften brachten wir in den Klassikern, Heft 114.

3) *Zu S. 75.* Brachte der erste der drei Briefe an *Gren* die wichtigen und interessanten Versuche mit den verschiedenen Schaltungen, während der zweite mit aller Entschiedenheit und immer mehr dem Contact der Metalle die Hauptwirkung zumisst, so bringt der dritte Brief jene Versuche, die so lange die Forscherwelt in einem Banne gefangen gehalten haben, der noch heute nicht gänzlich geschwunden zu sein scheint. Nach diesen Briefen tritt eine fast dreijährige Pause ein, denn die nächste Publication war der Brief an *Banks*, den wir oben folgen lassen und der über das grosse Geschenk berichtet, das die Welt im letzten Jahre des 18ten Jahrhunderts empfing.

4) *Zu S. 76.* Der Brief erschien in den Philos. Transact. von 1800 unter dem Titel: »On the Electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds«. Er war in französischer Sprache abgefasst. Die Uebersetzung ist grossentheils dem Werke von *W. Ostwald*: »Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre« Leipzig, Veit & Cie., 1896 entnommen. Ein Theil, der dort fortgelassen ist, wurde vom Herausgeber übersetzt und erscheint hier zum ersten Male in deutscher Sprache. Die im Text angegebenen Seitenzahlen beziehen sich auf das Original in den Lond. Phil. Trans.

5) *Zu S. 77.* Es ist kaum nöthig, den Leser aufmerksam zu machen auf diese schlichte, und doch so freudvolle Ent-

deckung, die grösste des ganzen abschliessenden achtzehnten Jahrhunderts.

6) *Zu S. 84.* Der geringfügige Irrthum, dass die Empfindung bei der 60sten Tasse dieselbe sei wie bei der 20sten, ist verzeihlich; man bedenke dabei den grossen Widerstand des menschlichen Körpers, der sich in der Schliessung befindet.

7) *Zu S. 97.* Der Fortschritt in diesem ganzen Briefe ist ein gewaltiger. *Volta* hat erkannt, dass die Summation elektromotorischer Erregungen möglich ist, eine fundamentale Thatsache, mit der die neue Aera elektrischer Forschungen anhebt. Wenn schon in den Briefen an *Gren* die Reihenfolge der Anordnung gründlich geprüft war, so tritt hier ein noch besser beweisender Versuch dem Leser entgegen. Endlich ist auch der Einfluss der Leitfähigkeit, des Salzgehaltes und der Temperatur erkannt. Selbst einige Ausblicke auf Stromtheilung (Seite 85) werden angedeutet und das *Ohm*'sche Gesetz vorbereitet. Gänzlich übersehen oder übergangen wird die chemische Wirkung, sowie die Zersetzung des Wassers, wie auch die Oxydation des Zinkes, so dass der Apparat dem Autor als »perpetuum mobile« erschien. Wie nahe es lag, die chemische Wirkung zu erkennen, beweisen die sofort nach Bekanntwerden des Briefes gemachten Entdeckungen in England. Darauf beziehen sich die nächsten Briefe, die wir in einem dritten Hefte bringen wollen. — Der Metallcontact hat schliesslich den Sieg davongetragen und an diesem verhängnissvollen Irrthum haben die Forscher das ganze Jahrhundert hindurch gelitten. In der elektrolytischen Praxis gilt vielfach noch heute das Metallpaar (couple) als erregendes Princip! Im folgenden dritten Hefte werden alle von 1800 bis 1806 von *Volta* mitgetheilten Versuche gebracht werden, die ein volles, für die Geschichte der Elektrochemie hochwichtiges Glaubensbekenntniss des genialen Forschers enthalten.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.